

مقدمة لموارد المياه والقضايا البيئية

تأليف:

Karrie Lynn Pennington
Thomas V. Cech

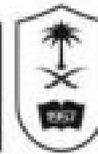
ترجمة:

أ.د. عبد رب الرسول بن موسى العمران

أستاذ علوم التربة والمياه

قسم علوم التربة - كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود



دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بنقتون،كاري لين

مقدمة لموارد المياه والقضايا البيئية/ كاري لين بنقتون ؛ توماس ف. ستيش؛

عبدرب الرسول موسى العمران. - - الرياض، ١٤٣٧هـ

٦٥٠ص؛ ٢١×٢٨سم

ردمك: ٧-٤٧٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- مصادر المياه ٢- تلوث البيئة ٣- حماية البيئة أ. ستيش، توماس ف. (مؤلف مشارك) ب. العمران، عبدرب الرسول بن موسى (مترجم) ج. العنوان

ديوي ٣٣٣,٩١٠٢ ١٤٣٧/٤٠٦٦

رقم الإيداع: ١٤٣٧/٤٠٦٦

ردمك: ٧-٤٧٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Introduction to Water Resources and Environmental Issues
By: Karrie Lynn Pennington, Thomas V. Cech
© Cambridge University Press 2010

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الخامس عشر للعام الدراسي ١٤٣٥/ ١٤٣٦هـ المعقود بتاريخ ١٧/ ٦/ ١٤٣٦هـ الموافق ٦/ ٤/ ٢٠١٥م.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

مقدمة المترجم

لقد تزايد الاهتمام بمواضيع المياه المختلفة في العقود الماضية فيما يتعلق بكميات المياه ونوعيتها وكذلك ارتباطها بالقضايا البيئية. وحتما يزداد هذا الاهتمام بكل من الموارد المائية والبيئة بالمملكة العربية السعودية بحكم الظروف المناخية القاسية وندرة الموارد المائية بها. وأصبح موضوع نوعية المياه مهماً أيضاً بعد تزايد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري المسطحات الخضراء والمزارع. وتأتي ترجمة هذا الكتاب المعنون " مقدمة في الموارد المائية والقضايا البيئية" ضمن اهتماماتي بموضوع المياه ونوعيتها حيث سبق ، أن قمت بتأليف كتابين عن مياه الري، الأول في تقدير الاحتياجات المائية، والآخر عن جودة مياه الري وطرق تحليلها كما ترجمت كتاب آخر عن جودة مياه ري المسطحات الخضراء.

آمل الاستفادة من هذا الكتاب وخاصة فيما يتعلق بالقضايا البيئية المرتبطة بالموارد المائية التي يناقشها الكتاب.

أود أن أشكر الزميل والأخ الفاضل الأستاذ/ محمود السيد علي نديم على مجهوده في التنسيق والكتابة والتصحيح ووضع الصور والرسومات والجداول بالكتاب، كما أشكر جميع منسوبي القسم بالكلية على تشجيعهم المستمر لإنهاء ترجمة الكتاب.

عبد رب الرسول موسى العمران

أستاذ علوم التربة والمياه

كلية علوم الأغذية والزراعة

مقدمة المؤلفين

ما هي كمية المياه التي يحتاجها العالم لدعم الزيادة المتزايدة في عدد السكان؟ وما هي العوامل المؤثرة على جودة المياه، والجفاف، والفيضانات، والأمراض المنقولة عن طريق المياه؟ وما هي التاثيرات المحتملة لتغير المناخ على الموارد المائية في العالم؟

تناقش هذه الأسئلة، وأكثر من ذلك، في هذه المقدمة الشاملة لعالم معقد من الموارد المائية لطلاب المرحلة الجامعية. تأتي قوة هذا الكتاب من تغطيته لأساسيات علم المياه، والبيئة المائية، الجيومورفولوجيا، والهيدرولوجيا. تتم تغطية مواضيع الكتاب للطلاب في جميع مجالات العلوم مع استخدام مصادر الإنترنت وقضايا الموارد المائية في الأخبار.

يبدأ الكتاب بلمحة تاريخية موجزة عن استخدام الإنسان للمياه وتأثيره عليها. تناقش أساسيات كيمياء المياه والدورة الهيدرولوجية بالتفصيل، مع فصول عن الجيومورفولوجيا والهيدرولوجيا والكيمياء، وعلم الأحياء للبحيرات والأنهار والأراضي الرطبة، ويناقش الكتاب أيضاً القضايا الرئيسية للأمراض المرتبطة بالمياه ومشاكل جودة المياه وكميتها في جميع أنحاء العالم، والحلول المحتملة، ويناقش قوانين المياه، وتوزيع المياه، والصراعات المحتملة باستخدام أمثلة من دول العالم والولايات المتحدة.

سوف يستفيد من هذا الكتاب طلبة علم الأحياء، والعلوم البيئية، والدراسات البيئية، وعلوم الحياة والكيمياء وعلوم الأرض وعلوم الأحواض المائية، والهندسة استفادة واسعة لقضايا المياه المهمة.

كاري لين بنينجتون Karrie Lynn Pennington كانت تعمل مع وزارة الزراعة الأميركية في الحفاظ على الموارد الطبيعية منذ عام ١٩٩٢، وكانت تقوم بدراسة الآثار المترتبة على استخدام الأراضي على النظم البيئية المائية، درست كاري علم الأحياء في جامعة شمال تكساس، وحصلت على شهادة بكالوريوس في الآداب، وأكملت درجة ماجستير العلوم في التربة من جامعة ولاية إيداهو في موسكو، ودرَّست بوصفها أستاذاً زائراً في الجامعة

نفسها حتى الانتقال إلى توسان، أريزونا، حيث درست لمدة ثلاث سنوات أخرى، حصلت على درجة الدكتوراه في علوم التربة والمياه، وانتقلت شرقاً إلى دلتا المسيسيبي، حيث استكمال دراستها ما بعد الدكتوراه مع خدمات الأبحاث الزراعية بوزارة الزراعة الأمريكية.

توماس تشيك Thomas V. Cech

هو المدير التنفيذي لمنطقة كولورادو المركزية في الحفاظ على المياه في مدينة غريلي منذ عام ١٩٨٢م. حصل على درجة بكالوريوس العلوم في التعليم من كلية ولاية كيرني، ودرجة الماجستير في المجتمع والتخطيط الإقليمي من جامعة نبراسكا لنكولن، قام بالتدريس على مستوى البكالوريوس والدراسات العليا لـمقرارات مصادر المياه في جامعة كولورادو الشمالية وجامعة ولاية كولورادو، وقد تم تكريم توم (توماس تشيك) بجائزة المدافعين عن المياه الجوفية من جمعية المياه الجوفية الوطنية، وبالجائزة الوطنية من مجلس الري لأربع ولايات، وجائزة مؤسسة المياه الجوفية لإديث ستيفنز لتعليم المياه الجوفية، وجائزة مجلس الجامعات للموارد المائية للخدمة العامة في الموارد المائية.



Thomas V. Cech **Karrie Lynn Pennington**

تقديم

لا يوجد في الحياة شيء يخيف، ولكن يجب فهم هذا الشيء، الآن هو الوقت المناسب لفهم المزيد، حتى يتسنى لنا ألاً نخاف شيئاً، ماري كوري (١٨٦٧-١٩٣٤ م).

الماء هو أساس الحياة بالكرة الأرضية، ولكن يوجد شعور بالخوف عند نقصه من خلال الجفاف، أو من زيادته في الفيضانات، أدت زيادة عدد سكان العالم وزيادة الصناعات إلى خوف آخر وهو المياه الملوثة جداً القابلة للاستخدام، ونحن نرى الآلاف من الفدانات (هكتارات) التي دمرها الجفاف في جميع أنحاء العالم: نقص في المواد الغذائية في مناطق إفريقيا، والجفاف المدمر في آسيا، وأستراليا، وكندا، وأوروبا، والولايات المتحدة، كل ذلك أدى إلى معاناة للبشر وتدهور في الثروة الحيوانية والمحاصيل، في الوقت نفسه، أصبحت مياه نهر الصين الأصفر الملوثة غير صالحة للاستعمال لأغراض الشرب. إن الأمراض التي تنقلها المياه لا تزال تقتل الملايين من الناس وخاصة الشباب، ولا يوجد بلد سواء كان من الدول الصناعية المتقدمة، أو الأقل تقدماً في مأمن من مشاكل المياه.

إن فهم الدورة الطبيعية للمياه، وخصائص المياه، ودور النظم البيئية للمياه، وعواقب التغيرات الإنسانية والجهود البشرية لاستخدام وإدارة الموارد المائية أمر ضروري لتقليل الآثار الضارة للجفاف والفيضانات والتلوث. إن اتخاذ القرارات التي تؤثر على بيئتنا تتم من قبل الحكومات التي تتألف من الناس في جميع مجالات الدراسة. للأسف، يفهم صناع السياسة عالمنا الطبيعي بدرجات متفاوتة من الخبرة، من فهم يساوي صفراً تقريباً إلى ممتاز، ويمكن لنتائج القرارات المبنية على معلومات ضعيفة أن تكون كارثية بالنسبة للبشر والأرض.

نعتقد أن جميع المواطنين يجب أن يكون لديهم معرفة أساسية عن المياه على كوكب الارض، في كثير من الأحيان، يتجنب الطلاب دروس العلوم لأنها تعتبر صعبة، ومملة ومربكة، أو غير ذات صلة بحياتهم اليومية، قرر المؤلفان كتابة هذا الكتاب لجعل مواضيع الموارد المائية، والمياه، وتداخلات المياه في البيئة مفهومة، ومقبولة، وذات صلة لمدى واسع من الطلاب، نأمل أننا نجحنا في إبراز ذلك.

هدفنا في هذا الكتاب هو تقديم نظرة متوازنة عن استخدام المياه والاحتياجات المائية سواء من قبل البشر أو بقية الاحتياجات البيئية لتوفير فهم أساسي وضروري لقادة المستقبل على اتخاذ قرارات مستنيرة، على سبيل المثال، افترض أن هناك مقترحاً مشروعاً لبناء سد رئيسي في منطقتك، إذا كان هناك من يرى أن بناء السدود على النهر يمكن أن تسبب تأثيرات على جودة المياه بسبب انخفاض تدفقات المياه، فإنه يمكن أن تتخذ تدابير في كثير من الأحيان بالمشروع لحماية جودة المياه، وقد تكون هذه التدابير غير ذات الصلة بالسد نفسه، ولكن لحوض التجميع بأكمله، إجراء اتصالات وفهم التدابير والعواقب غير المقصودة التي تحدث في كثير من الأحيان، والاستعانة بالخبراء قبل البدء في مشروع يساعد على تحسن كبير في تخطيط المشاريع.

لا يكفي أي كتاب مدرسي لتغطية جميع الموضوعات اللازمة لفهم البيئة المائية، لذلك، هذا الكتاب يتعامل أساساً مع نظم المياه العذبة ويوفر خلفية تهدف إلى تشجيع الطلاب على استكشاف قضايا الموارد المائية، والغرض منه تعريف الطلاب على مجموعة واسعة من الموارد المائية من وجهات نظر عديدة، منها علم الأحياء، والكيمياء، والجيولوجيا، والتاريخ، والهيدرولوجيا، والقانون، علم المياه العذبة، والطب، وعلوم التربة.

- يتعرض الكتاب إلى دراسة المياه من منظور عالمي وتاريخي ودور المياه في الحاضر وتطور الحضارات.

- يناقش الكتاب مختلف مجالات العلوم، من الدورة الهيدرولوجية، وكيمياء المياه، وجودة المياه مع أساسيات هذه العلوم، يتم عرض الموضوعات التي تحتاج إلى مزيد من التوضيح والتوثيق في أجزاء مطولة، وذلك حتى تصب في مصلحة الطالب الأكثر إلحاحاً في طلب المعلومة.

- مفاهيم النظم البيئية تعرض في الفصول المرتبطة بالأحواض المائية والبحيرات، والمياه الجوفية والبرك والأنهار والجداول المائية، والأراضي الرطبة، تقدم النصوص الجانبية ومقالات المستكتبين معلومات إضافية ودراسات لحالات خاصة.

- محاولات الإنسان للسيطرة على النظم الطبيعية تُكْتَشف من خلال دراسة السدود والبناء، آخذين في الاعتبار أهمية السدود والخزانات وكذلك عواقبها.

- يستعرض فصل مياه الشرب محاولات لإصلاح واستعادة النظم المتضررة، وتناقش في هذا الفصل المصادر الطبيعية للتلوث، وكذلك التلوث التي ينتجها الإنسان، وأُخِذَ في عين الاعتبار الأمراض التي تنقلها المياه وتعقيدات التحكم بها.

- نوقش قانون المياه وتوزيع المياه فوُجِدَ أن موضوع من يتحكم في المياه موضوع مثير للجدل بشكل كبير، ويشمل ذلك التنافس بين احتياجات واستخدامات المدن، والصناعة، والأفراد، والبيئة، إستنزاف المياه الجوفية أو تجفيف نهر هو أقرب إلى مفهوم قتل الأوزة التي تضع البيض الذهبي.

- عرض أدوار الحكومات، ومختلف الوكالات الناتجة من الحكومات، وذلك باستخدام الولايات المتحدة كمثال لذلك، وتظهر الدراسات الخاصة التداخلات الإيجابية والسلبية من جميع الوكالات، وكل يحاول أداء وظائفه في التنافس على أموال دافعي الضرائب.

- يلخص الفصل الأخير حالة الموارد المائية لكوكب الأرض ويشجع الطلاب على التفكير في مستقبل المياه والبشر كسمات غير قابلة للانفصال، وبالقاء نظرة أخيرة في القضايا الرئيسية من تغير المناخ العالمي، إلى التنافس على القيم الشخصية، يتبين لنا بأن هناك الكثير لتعلمه، ووجود تعقيدات في القرارات التي يمكن اتخاذها.

المحتويات

الموضوع ....رقم الصفحة
مقدمة المترجم .... هـ
مقدمة المؤلفين .... ز
تقديم .... ط

الفصل الأول: رؤى مختلفة عن المياه والقضايا البيئية ١
المقدمة ١
توزيع المياه على الأرض.. ٢
النظم البيئية والمناطق الأحيائية وأحواض التجميع المائية ١٠
أستخدام المياه عالمياً ١٦
الميزانية العالمية للمياه ٢٠
النمو السكاني العالمي وزيادة السكان ٢٨

الفصل الثاني: البيئة المائية للحضارات القديمة ٤٧
المقدمة ٤٧
المياه والزراعة: أساس الحضارة ٥٣
مياه الشرب و أنظمة الصرف الصحي القديمة.. ٦٣
المياه والبيئة.. ٦٦
نظرة تاريخية: البشر والبيئة ٧٠

الفصل الثالث: الدورة المائية ٧٩
المقدمة ٧٩
الدورة المائية.. ٨٠
الطقس والمناخ وظاهرة النينو والنينا ٨٨
الدورة المائية والبيئة الطبيعية ١٠٣

الفصل الرابع: جودة المياه ١١٩
المقدمة ١١٩
تدهور جودة المياه ١٣٢
المياه النظيفة حق من حقوق الانسان ١٤٨
الفصل الخامس: أسس أحواض المياه ١٦٥
المقدمة ١٦٥
حدود حوض التجميع ١٦٦
مقارنة للتعرية لاثنين من أحواض التجميع الرئسية ١٧٠
تركيب حوض التجمع ١٧٢
وظيفة حوض التجميع ١٨٨
كمية المياه ١٩١
مقالة بقلم الدكتورة لميلادا ماتوسكوفا ١٩٣
الفصل السادس: المياه الجوفية ٢٠٧
المقدمة ٢٠٨
البيئة الفيزيائية ٢٠٨
تداخل المياه الجوفية والجداول المائية ٢١٧
تداخل إمدادات المياه ٢٢٠
الكيمياء والبيئة المائية ٢٢٢
الفصل السابع: البحيرات والبرك ٢٣٥
المقدمة ٢٣٦
أنواع البحيرات ٢٣٧
هيكل البحيرة ٢٤٨
كيمياء البحيرة ٢٥١
شبكات الغذاء ٢٥٤
وجهتا نظر متناقضتان لبحيرتين ٢٥٦
الفصل الثامن: الأنهار والجداول المائية ٢٦٧
المقدمة ٢٦٧
وظائف نظم النهر ٢٧١
السمات الفيزيائية لنظام النهر ٢٧٢
التدفق ٢٨٢
الجيورفولوجية النهرية: تشكيل النهر ٢٨٦

النهر وبيئة الجداول المائية ٢٩٤
مقالة من كارولين شوت ٢٩٨
الفصل التاسع: الأراضي الرطبة ٣٠٩
المقدمة ٣١٠
سمات الأراضي الرطبة ٣١٢
أنواع الأراضي الرطبة ٣٢٥
تصنيف الأراضي الرطبة ٣٢٧
التوجهات في الأراضي الرطبة ٣٣٢
الفصل العاشر: السدود والخزانات ٣٤١
المقدمة ٣٤١
أنواع السدود ٣٤٣
أغراض السدود ٣٥١
مقال من سارة بفيز ٣٥٩
تأثيرات السدود وخزانات المياه ٣٦٨
الأنهار والسدود وجهود إعادة التأهيل ٣٧٩
هل إزالة السدود هو الحل ٣٨١
الفصل الحادي عشر: معالجة مياه الشرب ومياه الصرف الصحي ٣٩١
المقدمة ٣٩١
معالجة مياه الشرب قديما ٣٩٢
اكتشاف المجهر ٣٩٦
الأوبئة والمجهر ٣٩٨
الحماية الفيدرالية لمياه الشرب في الولايات المتحدة ٤٠٧
قضايا مياه الشرب ٤٠٩
حماية مصدر المياه ٤١٤
القضايا الصحية الحديثة لمياه الشرب ٤١٧
مقال لجيمس ب. تشيمفاميا ٤٢١
معالجة المياه العادمة قديما ٤٢٧
قضايا الصرف الصحي الحالية ٤٣١
الفصل الثاني عشر: قانون توزيع المياه ٤٤١
المقدمة ٤٤١

التطور التاريخي لقوانين توزيع المياه ٤٤٤
تطوير عقيدة المناطقة المتشاطئة ٤٥٠
تطور مبادىء قبل الامتلاك ٤٥١
قوانين توزيع المياه الجوفية ٤٥٧
الاتفاقات بين الولايات ٤٦١
قوانين توزيع المياه الجديدة ٤٦٣
الجهود الدولية ٤٦٤
الفصل الثالث عشر: دور وكالات إدارة المياه الاتحادية والإقليمية والولايات والمحلية ٤٧١
المقدمة ٤٧١
وكالات المياه الاتحادية الأمريكية ٤٧٢
قضايا المياه المختارة للوكالة الاتحادية الأمريكية ٤٨٢
قضايا مختارة لوكالة المياه الإقليمية والولاية والمحلية ٤٩٨
خصصة المياه: بعض الاتجاهات الدولية ٥٠٧
مقالة من الدكتورة لورين فينيكس ٥٠٧
مجموعة مختارة من قضايا وكالة المياة في جميع أنحاء العالم ٥١٢
الفصل الرابع عشر: نزاعات المياه والحلول ومستقبلنا ٥١٩
المقدمة ٥١٩
مأساة الموارد المائية ٥٢١
مياه الشرب المأمونه ٥٢٢
نزاعات المياه السطحية والجوفية ٥٢٣
مقالة بقلم كاث وستن ٥٢٥
التأهيل البيئي ٥٢٩
تغير المناخ العالمي ٥٢٩
القيم ٥٣٠
المرجع ٥٣٣
ثبت المصطلحات ٥٣٥
أولاً: عربي – إنجليزي ٥٣٥
ثانياً: إنجليزي – عربي ٥٨٩
كشاف الموضوعات ٦٤٣

فهرس الأشكال

رقم الشكل عنوان الشكل .... رقم الصفحة

١,١ الرياح الموسمية فوق بحر تيمور بالقرب من الإقليم الشمالي للعاصمة داروين، أستراليا ٣

١,٢ قمة فيرتونجلير الجليدية على جبل كليمنجارو في تنزانيا، من أعالي أوهورو، ٢٠٠١ ....٦

١,٣ منطقة ريو سوليموس، التي نشأت في جبال الأنديز البيروفية، لونها داكن وأخرى فاتحة بسبب الرمال والسلت والجليد. واللون الداكن من ريو نيغرو هو سمة من المياه الصافية التي تنشأ في المناطق الصخرية التي تحمل قليلاً من الرواسب. تدفق المياه الفاتحة وداكنة اللون جنباً إلى جنب بالتدفقات المتميزة قبل أن تندمج في نهاية المطاف للمساعدة في تشكيل نهر الأمازون. ٨

١,٤ الأراضي الرطبة في ولاية ميسيسيبي، الولايات المتحدة. السطح الأبيض هو طبقة من الطحلب البطيء العائم على سطح الماء. ٩

١,٥ السحب، دليل على المياه في الغلاف الجوي، تتشكل فوق كولورادو قبل العاصفة. ١١

١,٦ المراعي العشبية في كنساس جزء من منطقة المراعي الحية في الغرب الأوسط بالولايات المتحدة. ١٣

١,٧ قائمة انتظار بأوعية المياه بالقرب من بئر الماء في مخيم أبو شوك في السودان. هناك ما يقرب من مليوني لاجيء في دارفور. العديد منهم في المستوطنات الكبيرة مشابهة للصورة، في أبي شوك في الفاشر، شمال دارفور. تخيل المشاكل التي ينطوي عليها الحصول على المياه لكل هؤلاء اللاجئين. الق نظرة على الأرض واسأل نفسك، أين يزرع الغذاء ؟ ١٦

١,٨ أحداث مهمة في استخدام الإنسان للمياه..١٧

١,٩ الشكل المرأة الهندية تحمل أواني المياه. ١٩

١٠, ١ ري القطن بنظام الري المحوري. ٢٣

١١, ١ طواحين الهواء الحديثة تعدُّ مصدراً هاماً للطاقة في المستقبل. ٢٦

١٢, ١ النمو السكاني العالمي من ١٩٥٠ والمتوقع حتى ٢٠٥٠. .... ٢٩

١٣, ١ منازل حي كيبيرا الفقير في نيروبي، كينيا. هذه ليست منازل مؤقتة. يمكن للناس أن يقضوا حياتهم بأكملها في فقر ٣٢

١ ,٢ خشب متحجر في الحديقة الوطنية للغابات المتحجرة، أريزونا، الولايات المتحدة، وهو تذكير بأن ما هو الصحراء اليوم كان سابقا غابات. لقد حدثت تغيرات بالمناخ على مر التاريخ للأرض ٤٩

٢ ,٢ الزمني الجيولوجي. ٥٠

٣ ,٢ جسر ليف لاكي جسر بين القارات في شبه جزيرة ريكجانس، جنوب غرب أيسلندا عبر وادي الصدع الحدود للمنطقة الأوروبية الآسيوية وأمريكا الشمالية للصفائح التكتونية القارية. ٥٢

٤ ,٢ التركيب الأولي للإنسان النياندرتال (هومو نياندرتال)، ١٨٨٨، من قبل هيرمان شافوسين ٥٢

٥ ,٢ هذه الصورة توضح استخدام الأدوات بالزراعة المصرية في وقت مبكر ٥٥

٦ ,٢ مقياس النيل المصري على جزيرة الفنتين في أسوان، مصر. وكان هذا مقياس لا يزال قيد الاستخدام، يقيس المقياس ارتفاع نهر النيل، في القرن التاسع عشر ٦٠

٧ ,٢ يصور هذا النقش الساقية القديمة التي كانت تستخدم في مصر. وقد أخذت من وصف مصر ١٨٠٩؛ وهو عمل نادر في ٢٤ مجلداً كتبها العلماء الذين رافقوا نابليون في حملته المصرية (١٧٩٨-١٨٠١). ٦١

٨ ,٢ واحدة من أكبر المشاريع الثلاثة للمياه في الصين القديمة هو نظام القناة، ونظام مياه تورفان ويقع في منطقة انخفاض تورفان، شينجيانغ، الصين. وقد بدأت خلال عهد أسرة هان (٢٠٦ قبل الميلاد إلى ٢٤م). الأنفاق المتبقية اليوم هي منطقة محمية من جمهورية الصين الشعبية. ٦٤

٩ ,٢ الحمامات الرومانية في باث إنجلترا. ٦٦

٢,١٠ مسرح ليبتك ماجانا ، وهو ميناء بحري روماني على البحر المتوسط، في الوقت الحاضر يقع الميناء في الكونس بليبيا. ٦٧

٢,١١ أنقاض مساكن الجرف ميسا فيردي بولاية كولورادو. يستخدم الهنود المناطق العلوية لتخزين الحبوب. بنيت المساكن في مقابل الهاوية. المياه الجوفية تتسرب من مناطق مختلفة من الجرف، مما يسمح للبنائين في بويبلو بجمع المياه لاستخدامها في المساكن. ٦٨

٢,١٢ يتطلب موسم الزراعة القبيلة كلها للانتقال إلى الأراضي فوق المساكن حيث يزرعون محاصيلهم. هذه لم تكن حياة سهلة. لاحظ أن الأشجار جميعها ميتة. ماتت أشجار الصنوبر من خلال مزيج من سنوات الجفاف الشديد في بداية القرن العشرين وخنفساء إيبس وتسمى أيضاً خنفساء اللحاء. الصنوبر العادية يسيطر على الخنفساء بما ينتجه من مواد لزجة في الثقوب، ولكن الأشجار المعرضة لقلة المياه لا يمكن أن تنتج ما يكفي من المواد اللزجة. كان يمكن أن يشكل موت هذه الاشجار وضعاً مدمراً إلى أوائل سكان الجرف من الهنود. عمر شجرة الصنوبر من نوع بينيون هو ٨٠٠ سنة. ٦٩

٢,١٣ القندس الكندي على وشك الانقراض بسبب الصيد المفرط، ولكن استعادته من جديد ممكنة حيث إن الطلب على جلد حيوان القندس قد انخفض. ٦٩

٣,١ الدورة المائية. ٨١

٣,٢ السحب في شهر يونيو تتحول إلى سحب رعدية. تتكون السحب عندما يتكثف بخار الماء في الطبقة العلوية الباردة من الغلاف الجوي. ٨٢

٣,٣ منحنى العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة لصور الماء الثلاثة. ٨٣

٣,٤ البخر-نتح يتزامن مع النتح والتبخر من سطح النبات. يتحرك الماء إلى سطح أوراق النباتات عن طريق النتح، ويصعد إلى الجو عن طريق التبخر. ٨٤

٣,٥ مناطق المياه في البيئة. التربة هي خزان المياه المتاح للنبات، كما هو مبين بالمنطقة المظلمة. ٨٧

٣,٦ عوامة بارتفاع ثلاثة أمتار للإدارة الوطنية للأرصاد والمحيطات ٩١

٣,٧ توضح صورة ناسا هذه الماء الأبرد من المياه الطبيعية (اللون الأبيض بالسهم الكبير) يختلف عن خط المحيط الهادي الاستوائي المرتبط بالنينا. الرياح الأقوى من الرياح التجارية العادية تعطي مياهاً باردة على سطح المحيط. ٩٤

٣,٨ هذه الصورة جوية من الفيضانات قرب نيو أورليانز، لويزيانا، الولايات المتحدة، تساعدنا على تصور مدى الضرر من أحدى حوادث العواصف. لاحظ أن جودة الماء تحت الطريق السريع غير واضحة من الرواسب ولكن فوق الطريق السريع المياه مظلمة وواضحة. ما هي بعض أسباب اختلاف نوعية المياه؟ ٩٥

٣,٩ صور القمر الصناعي لمختبر الدفع النفاث من ناسا في الصين. الجانب الأيسر-هو يوم واضح نسبياً (أكتوبر ٢١، ٢٠٠١)، والجانب الأيمن يظهر عاصفة ترابية من مارس ٢٤، ٢٠٠٢ .... ٩٧

٣,١٠ صورة ناسا للدخان من حرائق الغابات الكبيرة المتعددة في منطقة كيوبيك، كندا. الوضوح معتدل لمقياس الطيف والصورة من يوليو ٦، ٢٠٠٢. .... ١٠١

٣,١١ مصطلح "وعاء الغبراء " لم يكن من قبيل المبالغة. عندما تتجمع هذه السحب الغبارية كجزء من الحقول المحروثة بعناية. فالرياح والجفاف يحولان التربة إلى غبار ينتشر عبر الأراضي وينتقل إلى مناطق بعيدة. ١٠١

٣,١٢ حوض ميثوسليه العظيم من أشجار الصنوبر يقدر أن أشجاره موجودة منذ عام ٢٨٣٢ قبل الميالد في الجبال البيضاء في كاليفورنيا بأمريكا. كان عمر الأشجار في عام ١٩٥٧ وقت العينات ٤٧٨٩ سنة ويعتبر الصنوبر أقدم كائن معروف لا يزال على قيد الحياة، وعمر الأشجار حوالي ٤٨٤٠ سنة. ١٠٢

٣,١٣ سقوف المباني والطرق المعبدة أوجدت طبقة سطحية غير منفذة أدت إلى زيادة الجريان السطحي والسيول. ١٠٧

٣,١٤ جليد كوري كاليس المتدفق من طبقة كويليكاسيا المتجمدة. ١٠٩

٤,١ نهر الغانج يخدم أغراضاً كثيرة ويتأثر بشكل كبير وضار بتلك الاستخدامات. مدينة واحدة من أقدم المدن المأهولة باستمرار في العالم، تقع على ضفة نهر الغانج، بولاية أوتار براديش، الهند. ١٢٠

٤,٢ الشكل البنائي للماء يوضح في ثلاث طرق. لاحظ أن طول الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين تساوي ٨٤, ٩٥ بيكرومتر.. ١٢١

٤,٣ ندى الصباح على أوراق النباتات. أوجد المصور الفن من الطبيعة. ١٢٢

٤,٤ بعد ٣ أيام من حادثة إكسون فالديز الشهيرة ، دفعت عاصفة كميات كبيرة من النفط الخام على الشواطئ الصخرية من العديد من الشواطئ في سلسلة جزر نايت في هذه الصورة، يظهر النفط المجمع (اللمعان هو النفط) بين الصخور. ١٢٣

٤,٥ صورة للأقمار الصناعية لمنصة نفط (النقاط الفاتحة) بالقرب من باكو، أذربيجان ببحر قزوين. ١٢٣

٤,٦ الماء السائل دون فراغات (بين الجزيئات) في الفراغ. ١٢٥

٤,٧ الماء في حالة التجمد مع البناء البلوري الواضح والفراغات ليجعله أخف وزناً ويطفو. ١٢٥

٤,٨ قطرات الماء تلتصق ببعضها بعضاً عن طريق التماسك، وجذب جزيئات الماء مع بعضها البعض...... ١٢٧

٤,٩ المياه عالية التركيز من الرواسب في الجزء الأيسر العلوي من الصورة، بينما في الوسط المياه نظيفة...... ١٣١

٤,١٠ كل نقطة سوداء (الحواف الرمادية) تمثل مصدراً محتملاً للملوثات الهوائية من وحدة توليد كهرباء، والغاز الطبيعي، والصناعات الكيميائية، وإنتاج النفط والغاز، ومصافي النفط، والأسمنت، أو صناعات اللب والورق. أنتجت جوجل ووكالة حماية البيئة الأمريكية هذه البيانات بالنسبة للولايات المتحدة. ١٣٤

٤,١١ مقاطعة رود أيلاند، بالولايات المتحدة، حيث يدخل نهر المقاطعة خليج ناراجنسست............. ١٣٥

٤,١٢ حدود الغابات المتشاطئة توفر الحماية من التلوث من المصدر غير المحدد إلى الجداول المائية في هذه المنطقة الزراعية في مقاطعة بوتنام، أوهايو، الولايات المتحدة. ١٣٧

٤,١٣ برنامج التقييم الوطني لنوعية المياه Naqwa بأحواض التجميع من قبل وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية. ١٥٢

٥,١ حوض نهر الأمازون، قارة جنوب أمريكا: حوض تجميع مفتوح. ١٦٦

٥,٢ روافد في هذا الحوض الجليدي التي جميعها تصب في البحيرة. هذا حوض تجميع مغلق. لاحظ أن حدود البحيرة أكبر من حافة التيار المائي. لماذا يحدث ذلك؟ ١٦٧

٥,٣ دلتا المسسيبي المستوية. ١٦٧

٥,٤ طبقات نظام المعلومات الجغرافية وضعت فوق بعضها بعضاً لإكمال المعلومات عن موقع معين. كل طبقة تحوي جدولاً من المعلومات لتوفر التفاصيل عن الطبقة. على سبيل المثال، الطبقة التي تحوي المنازل تحتوي على بينات إحصائية، كم من شخص يعيش في المنزل، وأعمارهم، والدين، والجنس، وإلخ. ١٦٩

٥,٥ تدفق نهر الأمازون إلى المحيط الاطلسي. تتحرك الرواسب أيضاً إلى المحيط. ١٧١

٥,٦ حوض نهر المسسيبي. ١٧٣

٥,٧ اندلاع بركان كليفلند على جزر اليوتين ألاسكا بالولايات المتحدة. ١٧٥

٥,٨ نهر وادي الثعبان بالقرب من مدينة توين أيدهو، الولايات المتحدة، يوفر منظراً لطبقات مواد الأصل مختلطة مع الحجر الرملي وفواقد الصخور. تستمر صخور البازلت في النهر بالتعرض للتعرية. يسمى هذا التركيب بيلار فولس. ١٧٦

٥,٩ قطاع تربة نموذجي مع آفاق التربة. أعطيت الأعماق بالبوصة = ٢,٥٤ سم. ١٧٧

٥,١٠ شبكة غذاء مبسطة للأحياء المائية. ١٧٨

٥,١١ أدورد بيرج ، دكتوراه "عالم بحيرات". لاحظ أن الطوافة القديمة لم توقف البحث العلمي. ١٨٢

٥,١٢ صورة لجوجل الفضائية لدلتا نهر المسسيبي. يشكل نهر المسسيبي الحدود الغربية وتلال بيلف الحدود الشرقية. ١٨٣

٥,١٣ بناء فيلق مهندسي الجيش الأمريكي البوبات الحديدية لحماية الدلتا من رجوع المياه بالفيضانات ١٨٤

٥,١٤ ميلادا ماتوسكوفا. ١٩٣

٥,١٥ شبكة الأنهار المعدلة في حوض نهر أوتافا. ١٩٥

٥,١٦ الطوفان الكارثي على نهر فلتافا في براغ في عام ٢٠٠٢. وقد تسبب الفيضان من قبل منطقتين ذات الضغط المنخفض والمرتبطة بأنظمة الأمامية الجوية المتحركة في جميع أنحاء أوروبا الوسطى في فترة قصيرة من الزمن. جلبت مناطق الضغط المنخفض الأمطار الغزيرة إلى أراضي الجمهورية التشيكية. كان هناك خمسة مليارات متر مكعب من مياه الأمطار في حوض نهر فلتافا وحده في ثمانية أيام. فقدت حياة ١٧ شخصاً من جراء الفيضانات في جمهورية التشيك، وإجلاء ٢٢٥ الف شخص، وتأثرت ٧٥٣ من المدن والقرى ووصل قيمة الضرر إلى أكثر من ٧٣ مليار دولار تشيكي. ١٩٨

٥,١٧ نهر برانا الأصل حيث قاع النهر مغلق. ١٩٩

٥,١٨ نهر برانا قاع النهر المشكلة حديثاً، من خلال الفيضان لعام ١٩٩٧ (أخدت الصورة من قبل ميلادا ماتوسكوفا في خريف عام ٢٠٠٥م). ضرب فيضان عام ١٩٩٧ الجزء الشرقي من جمهورية التشيك، وخاصة أحواض ضفاف نهري مورافا، وأودرا، حيث سقطت ما مجموعه ٢,٥ مليار متر مكعب من الأمطار. تسبب الأمطار الغزيرة في المناطق الجبلية انهيارات أرضية والتعرية، وتغيرات في قيعان الأنهار. المناطق المستوية من جهة أخرى تتضرر بالفيضانات. أثر الفيضان على ٥٣٨ بلدة وقرية، وبسببه مات ٦٠ شخصاً وخلّق خسائر بقيمة ٦٢ بليون دولار شيكي. ٢٠٠

٦,١ صورة تمثل الطبقة الحاملة للمياه والمصطلحات الشائعة بالمياه الجوفية (لتعريف تلك المصطلحات انظر المتن). ٢٠٩

٦,٢ النفاذية النسبية لبعض المواد الجيولوجية الشائعة من العالية في الحصى إلى المنخفضة في الطفلة. النفاذية العالية تعطي الناقلية العالية. ٢١٠

٦,٣ المياه الجوفية تخرج من الصخور المتصدعة. هذا المنظر الشتوي لوادي نهر الثعبان في ولاية أيدهو للمياه الجوفية المجمدة. ٢١١

٦,٤ بئر ارتوازي يتدفق بحرية. ٢١٢

٦,٥ لاحظ العديد من الممرات المختلفة للمياه الجوفية واختلاف الأوقات التي تأخذها الممرات من التغذية إلى التصريف. ٢١٣

٦,٦ هذا الموقع هو في وادي سان جواكين جنوب غرب مندوتا، كاليفورنيا، الولايات المتحدة. هذا هو الموقع التقريبي للحد الأقصى للهبوط في الولايات المتحدة وقد حددته الجهود البحثية

للدكتور جوزيف بولاند، والعلامات التي على عمود الكهرباء تظهر ارتفاع سطح الأرض في عام ١٩٢٥، ١٩٥٥، و ١٩٧٧. .... ٢١٤

٦,٧ نظام التحكم والسد رقم ٧ على نهر المسسيبي، والطريق ٩٠-١ بجسر-النهر إلى مركز المدينة. يسمح حجم الماء في النهر بتغذية المياه الجوفية. ٢١٦

٦,٨ الجدول المائي الذي يكسب الماء. لاحظ أن الأسهم في المياه الجوفية تتجه إلى الجدول المائي مما يدل على اكتساب المياه. ٢١٧

٦,٩ الجدول المائي الفاقد للمياه. في هذه الحالة الاسهم تخرج من الجدول المائي مما يدل على فقد المياه..... ٢١٧

٦,١٠ يوضح الشكل تحرك المياه دخولاً وخروجاً في طبقة الماء السفلية.................... ٢١٨

٦,١١ حركة المياه المتأثرة بالضخ من الآبار. (أ) تصريف المياه الجوفية إلى الجداول المائية. (ب) تركيب بئر بمعدل تدفق يقدر ب Q_1. البئر يقطع المياه الجوفية التي من المفترض أن تذهب إلى الجدول المائي. (ج) معدل التدفق من البئر زاد إلى Q_2 مسبباً ليس فقط قطع المياه الجوفية ولكن سحب المياه من الجدول المائي نفسه. ٢٢٣

٦,١٢ مصادر تلوث المياه الجوفية ضمن حوض التجميع. ٢٢٥

٦,١٣ تغير الأوكسجين في طبقة الماء السفلية مقارنة بالمياه الجوفية. ٢٢٦

٦,١٤ البيزومتر هو أنبوب بسيط يوضع بالتربة، ولكن المعلومات المتحصل عليها من هذه الأجهزة يمكن أن تكون قيمة جداً. ٢٢٧

٧,١ بحيرة كريتر بولاية أوريجن، الولايات المتحدة، من وجهة نظر رائد فضاء. ٢٣٩

٧,٢ بحيرة توبو في شمال جزيرة نيوزيلندا، وهي بحيرة بركانية. ٢٣٩

٧,٣ بحيرة بايكال ، هضبة سيبيريا، روسيا، توجد تحت الصدع القاري الذي تكون قبل ٢٥ مليون عام من النشاط التكتوني. ٢٤٠

٧,٤ بحيرة تنجانيقيا الساحلية ضمن منتزه جومبو الوطني.................... ٢٤١

٧,٥ تتشكل بحيرات المنعطفات (القوسية) نتيجة للرواسب وعمليات التعرية التي تزيد من قطع المنعطفات من النهر. مع مرور الزمن، قد تصبح بحيرات المنعطفات سلتية وبالتدريج تتحول إلى أراضٍ رطبة ثم إلى أراضٍ. ٢٤٢

٧,٦ هذه الصورة من ولاية ميسيسيبي، الولايات المتحدة، تبين تشكيلات من بحيرات المنعطفات التي أنشئت بسنوات من الهيدرولوجية النهرية. ٢٤٢

٧,٧ هذه الحفرة تطورت حول بئر نفطية في مقاطعة بارتون، كانساس، الولايات المتحدة. كان هبوط سريع على شكل مخروطي ويمتلئ بالماء في غضون ساعات. غلاف بئر الماء العمودي يمكن أن يشاهد باعتباره خطاً مستقيماً على الجزء الأيسر من وسط الحفرة، وهنا كل شخص واقف خارج الحفرة في الجزء السفلي الأيسر من الصورة. ٢٤٣

٧,٨ خزان جورج فلامنج، يوتا، الولايات المتحدة. أنجز في عام ١٩٦٢، أنشئ السد على خزان يبلغ طوله ٩١ ميلاً (١٤٥ كيلومتراً) مع ٣٥٠ ميلاً (٥٦٠ كم) من الشاطئ لتوليد الطاقة الكهرومائية وتخزين المياه. وهو مشهد جميل أن ترى الأخاديد من ولاية يوتا والمراعي الميرمية في ولاية وايومنغ. ... ٢٤٣

٧,٩ حيوان القندس عَمِلَ بركاً صغيرة بسد الجداول المائية بالوحل، والأغصان، والحطام. ٢٤٤

٧,١٠ التسرب والتصريف من البحيرة. ٢٤٥

٧,١١ الطبقات الموجودة في أغلب البحيرات. ٢٤٨

٧,١٢ الطبقات في البحيرة المرتبطة بتخلخل الإضاءة والتخمع الحيوي. ٢٥٠

٧,١٣ بحيرة بايكال في سيبيريا، روسيا، بها عدد نادر من حيوان الفقمة بالمياه العذبة، فقمة بحيرة بايكال من الثدييات الوحيدة التي تعيش في البحيرة ومتوطنة (لا تعيش إلا في البحيرة). فقمة بحيرة بايكال بوجه مجعد على نحو غير عادي. هناك قلق من أن هذه الفقمات بالبحيرة عرضة للملوثات الصناعية. ٢٥٧

٧,١٤ في دراسات لتقييم آثار المنطقة الحافظة على حفظ العناصر الغذائية ونوعية المياه في بحيرة بيسلي عالم التربة مارتين موك (في يسار الصورة) وعالم الأحياء واد استرنرايد يفحصان عينة تربة

أخذت من منطقة الحقول المجاورة للبحيرة. في الخلفية من الصورة، يعمل الفني جون ماسي على تركيب نظام تحديد المواقع الجغرافية لتحديد موقع العينات في المنطقة الحافظة. ٢٥٩

٧,١٥ الشجيرات في المصرف الزراعي النباتي حيث تعمل الأعشاب كمصفيات. ٢٦٠

٧,١٦ يفرغ الأنبوب الكبير المياه في جدول الأراضي الرطبة. ٢٦٠

٧,١٧ عالم البيئة في وكالة USDA ARS سكوت نايت يفحص ويزن سمك الكارب الشائع بينما عالم الاحياء تيري ولش يسجل البيانات. أنواع مختلفة من الأسماك جمعت من بحيرة بيسلي في محاولة لتحديد الصحة العامة لبيئة البحيرة. ٢٦١

٨,١ النهر يشتعل فقد تسبب حريق نهر كيهوجا في عام ١٩٥٢ بخسائر تقدر بمليون دولار. ٢٦٩

٨,٢ نهر كيهوجا اليوم. ٢٧١

٨,٣ منظر لنهر أنيمس، أخذ المنظر من خطوط حديد درانجو سيلفرتون، كلورادو، الولايات المتحدة.من المعتاد أن تقام السكك الحديدية قرب الأنهار ولها تأثيرات واضحة على أحواض التجميع. ٢٧٣

٨,٤ وادي نهر الثعبان في جنوب ايدهو، بالولايات المتحدة. الممرات الجانبية ذات منحدرات حادة من طبقات البازلت والحجر الرملي. الأعشاب والشجيرات السمة العشبية للمنطقة. ٢٧٥

٨,٥ ممر الأراضي المتشاطئة النهر الجنوبي بالولايات المتحدة في فصل الشتاء. الممر النهري مستوٍ ومزروع بالشجيرات والأعشاب والأشجار. ٢٧٦

٨,٦ قناة النهر أو الجدول المائي العادية. ٢٧٦

٨,٧ سمات الأراضي الفيضية التي تشكلت من تعرجات النهر. ٢٧٧

٨,٨ وادي أنميس فوق أنميس، كولورادو، الولايات المتحدة، ٢٠ اكتوبر، ١٩٠٣. تظهر الأراضي الفيضية هذه بعض السمات في شكل ٨,٧. وهو الوادي نفسه في شكل ٨,٣ الذي أخذت صورته في ٢٠٠٦, ... ٢٧٨

٨,٩ أراضٍ فيضية على جزيرة وايت بالمملكة المتحدة خلال الفيضان. ٢٧٨

٨,١٠ يوضح الرسم تتطور المدرجات الكاملة التكوين. المدرجات القديمة لا تتأثر بالنهر. ٢٧٩

٨,١١ ترقيم ترتيب الجدول المائي. الرقم ١ عند منبع الجدول المائي والرقم ٤ يرمز لأكبر نهر، أو جدول مائي في هذا المثال. الأمازون، أكبر نهر في العالم هو رقم ١٢ في الترتيب، بينما ترتيب نهر المسسيبي ١٠ .... ٢٨١

٨,١٢ بناء البرك والقنوات الصغيرة في الجداول المائية المتعرجة الخفيفة والقوية. ٢٨٢

٨,١٣ ممرات تدفق التساقط............ ٢٨٣

٨,١٤ تدفق النهر في ثلاثة اتجاهات ويختلف التدفق مع الوقت. ٢٨٤

٨,١٥ صورة الأقمار الصناعية توضح استخدام أراضي أحواض التجميع. ٢٨٧

٨,١٦ الأمطار الغزيرة على الترب المشبعة، مسببة التعرية الطبقية، مشكلة خنادق سريعة الزوال بزيادة تركيز تدفق المياه. قطع المياه التدفق يفترض أن يساعد في تصريف الحقول، ولكن في التربة المعراة مثل هذه الترب. ويمكن أن يؤدي إلى تشكيل الخنادق. ٢٨٩

٨,١٧ التعرية الأخدودية التقليدية التي تتشكل من زيادة التدفق في الترب القابلة للتعرية بالاراضي الزراعية. ٢٨٩

٨,١٨ بيانات عداد فيلق مهندسي الجيش الأمريكي على نهر المسسيبي في مدينة جرينفيل، ولاية المسسيبي، الولايات المتحدة. لاحظ أن التدفق يختلف مع الزمن بإنخفاض وارتفاع والفرات القليلة من الاستقرار بالتدفق. تغيرت هيدولوجيا نهر المسسيبي نتيجة التغيرات في مجرى النهر للسيطرة على الفيضانات، وبناء الحوجز، وإزالة الأراضي الفيضية، بالإضافة إلى عواصف التساقط الاعتيادية. ٢٩١

٨,١٩ القياس المكاني للجدول المائي بالتركيز على الكبير إلى الصغير. ٢٩٥

٨,٢٠ هذه أمثلة للكائنات ذاتية التغذية (أ) الطحالب الخضراء المزرقة، (ب) الديتومات. ٢٩٥

٨,٢١ كارولين شوت. ٢٩٨

٨,٢٢ صيانة مفرق هيكلا يظهر تحرك المواد الطمئية إلى نهر أركنسا............ ٢٩٩

٨,٢٣ مفرق هيكلا يظهر التعرية. ٢٩٩

٩,١ توجد الغابات الشمالية فقط في خطوط عرض الشمالية بين ٥٠° إلى ٦٠°، تغطي حوالي ١٧٪ منطقة سطح اليابسة بالكرة الأرضية. ٣١٠

٩,٢ الخريف في سهول بلايا في منطقة ساندهيل، نبرسكا، الولايات المتحدة. ٣١٢

٩,٣ تحويل سهول بلايا في نبرسكا إلى أحواض لتخزين مياه الري. ٣١٣

٩,٤ (أ) الطلقات هي دقيقة، قريبة من بعضها، ولكن إذا كان المقصود هو التصويب بالمركز، فهي ليست دقيقة. (ب) وهنا لقطات أكثر دقة لأنها في المركز أو بالقرب منه، ولكنها منتشرة، ولذلك ليست دقيقة. ٣١٤

٩,٥ المناطق القاتمة الحمراء في الأراضي الرملية دلالة على تركيز الحديد. المناطق الفاتحة ذات اللون الرمادي الخفيف دلالة على غسل الحديد إلى مناطق أعمق في قطاع التربة. والخطوط القاتمة في أعلى منتصف الصورة للكربون، يعتقد بأنه بقايا قنوات الجذور. سمات الأكسدة واضحة بالألوان، في ظل اللون الرمادي، يجب أن تتخيل ذلك. ٣١٥

٩,٦ حتى عندما تكون الصورة باللونين الأسود والأبيض، فاظل القاتم والفاتح بالصورة لنهر يلوستون في منتزه يلوستون الوطني، وايومنج، الولايات المتحدة، تظهر الاختلافات الجيولوجية ومواد الأصل. ٣١٦

٩,٧ الترب العضوية غنية بالكربون. الزيادة في محتوى الطين يتطلب زيادة محتوى المادة العضوية لكي تعرف بأنها ترب عضوية. كل من الطين والمواد العضوية نشيطة كميائيا. فعلى سبيل المثال، ٧٠٪ من الطين تحتاج أكبر من ١٨٪ من الكربون العضوي للسيادة الكميائية، بينما ٢٠٪ من الطين تحتاج ١٤٪ من الكربون. ٣١٨

٩,٨ هذا القطاع من التربة يقع ضمن رتبة Typic Endoaquoll . وهذا الاسم يعني Mollisol ، أو ترب الحشائش. تحتوي على طبقة سطحية معدنية بعمق ٢٥سم (١٠ بوصة)، وغنية بالمواد العضوية ذات لون أسود. وتحت هذه الطبقة، طبقة فاتحة وداكنة اللون توضح زيادة تركيز واستنزاف العناصر. لاحظ أن عمق الماء يبعد متراً واحداً (٣ أقدام) على المسطرة. كلمة endo تعني التربة المشبعة. وهذا يعني أن المياه تتحرك إلى أعلى قطاع التربة إلى السطح في الموسم الرطب. ٣١٩

٩,٩ يمكن أن تشهد الهيدرولوجيا في ولاية جنوب كارولينا، الولايات المتحدة، في الترب المنخفضة ذات الأشجار بالأراضي الرطبة بعدة طرق. على سبيل المثال، هناك مياه راكدة، والأشجار القوية وعلامات المياه على جذوعها. هل هناك دلائل أخرى؟ ٣٢٢

٩,١٠ المستنقع الصغير فين في ولاية نيويورك، الولايات المتحدة. لاحظ الانتهاك غير الناجح للأشجار الكبيرة من الغابة المجاورة إلى منطة البرك في الجزء الأيسر العلوي من الصورة. ٣٢٤

٩,١١ بحيرة كارلسلي الصغيرة Carlisle في ألاسكا، الولايات المتحدة. ٣٢٥

٩,١٢ هذه المنطقة المنخفضة الشجرية من الأراضي الرطبة يمكن أن تكون موقعاً مرجعياً. أشجار السرو القديمة في منطقة إدارة الحياة البرية لبحيرة سكاي بمنطقة الأراضي الرطبة بالمسسيبي. أقدم شجرة في المنطقة يصل عمرها ٢٠٠٠ سنة. فكر بذلك. الرجل الطويل في الصورة طوله ٦,٥ أقدام (٢٠١ سم). لاحظ مؤشر الهيدرولوجي: ارتفاع مستوى الماء (الخط الداكن) فوق رأسه ٢,٧-٣,٠ م (٩-١٠ أقدام). مما يعني أن المياه في تلك الأراضي الرطبة قد تصل إلى عمق ٩-١٠ أقدام في بعض الأوقات. ٣٣٠

٩,١٣ استعادة سهول الأراضي الرطبة بولاية آيوا. ٣٣١

١٠,١ شكل سد الثلاث ممرات الضيقة في الصين بني من الخرسان طوله حوالي ٢٣٠٩ أمتار (٧٥٧٥ قدماً)، وإرتفاعه ١٠١ م (٣٣١ قدماً). عرض السد ١١٥ متراً (٣٧٧ قدماً) بالأسفل و٤٠ متراً (١٣٠ قدماً) على القمة. وكان بناء هذا السد مثيراً للجدل، كما هي مشاريع السدود الأخرى في أي مكان في العالم. ٣٤٢

١٠,٢ سد أسوان المصري الذي أكمل في عام ١٩٧٠ لتوفير الطاقة الكهرومائية، والسيطرة على الفيضانات، ومياه الري ٣٤٣

١٠,٣ سد حيوان القندس هذا في الأرجنتين. حيوان القندس بالقرب أسيا يسكن في مناطق مختلفة. ٣٤٤

١٠,٤ وكالة المحافظة على المصادر الطبيعية للسد للسيطرة على الفيضان بالقرب من تايلر على أنهار أحواض تجميع ٣٤٨

١٠,٥ السد القوسي المزدوج الانحناء على نهر جوردون في تسمانيا، أستراليا. ارتفاعه ١٤٠ متراً (٤٦٠ قدماً)، مما يجعله أطول سد في ولاية تسمانيا وخامس أطول سد في أستراليا. ٣٥٠

١٠,٦ سد كولي الكبير، أغسطس، ١٩٨٦, ... ٣٥١

١٠,٧ سد بوابة الحديد على نهر كلاماث، كاليفورنيا، الولايات المتحدة. السد يساعد في الحفاظ على تدفقات نهر المصب من المشروع نهر كلاماث. ٣٥٢

١٠,٨ بناء السد شياولانغدى مشروع متعدد الأغراض على نهر اليانغتسي في الصين. ٣٥٣

١٠,٩ يشكل سد هوفر بحيرة ميد. ٣٥٦

١٠,١٠ سد على نهر هيوم موراي في أستراليا. ٣٥٧

١٠,١١ سارة بفيز. ٣٥٩

١٠,١٢ موقع حوض موراي دارلينج والتوزيع المكاني لنظامي النهر الرئيسين. ٣٦٠

١٠,١٣ البنية التحتية وأبنية المراقبة والخزانات على الجزء السفلي من أنهار موراي دارلينج. ٣٦١

١٠,١٤ تدفقات نهر موراي تبين التناقص بين متوسط المدى البعيد وسنوات مختارة خلال فترة الجفاف الحالية........................ ٣٦٢

١٠,١٥ هطول الأمطار الأسترالية العشرية في السنة ٢٠٠٦ الشديدة الجفاف. ٣٦٤

١٠,١٦ بحيرة توسكوي في كاناغاوا، اليابان، هو مكان جميل للاستجمام. ٣٦٧

١٠,١٧ بحيرة أونونداجا بالقرب من سيراكيوز، نيويورك، الولايات المتحدة. هي بحيرة جميلة، ولكن أيضاً تعتبر واحدة من أكثر البحيرات تلوثاً في الولايات المتحدة، ويرجع ذلك أساساً إلى التلوث الصناعي والصرف الصحي. ٣٧٢

١٠,١٨ كمية ميثيل الزئبق المتراكمة في الأسماك تعتمد على: (١) ما إذا كان هناك مصدر للزئبق متاح، (٢) ما إذا كانت الظروف البيئية اللازمة لتشكيل ميثيل الزئبق موجودة، و (٣) ما يشكل النظام الغذائي الكامل للأسماك، لأن ليس كل ما يستهلك يحتوي على ميثيل الزئبق. ٣٧٣

١٠,١٩ نسبة الزئبق في البيئة، الناتجة عن المصادر الاصطناعية المختلفة. ٣٧٤

١٠,٢٠ اللوحة لفنان مجهول لنهر الراين في عام ١٨٤٠ تبين التنمية في وقت مبكر بالقرب من بينغن. برج موس وهو بناء صغير في الماء على الجانب الأيمن من اللوحة. ٣٨٠

١٠,٢١ بحيرة ساكاكاويا، داكوتا الشمالية، الولايات المتحدة. ٣٨٢

١١,١ قناة دو بونتاجارد الرومانية القديمة في مدينة نيم، فرنسا، بنيت حوالي ١٩ قبل الميلاد. ٣٩٣

١١,٢ خزان ثيودوسيوسو وهو خزان روماني بني تحت مدينة إسطنبول، تركيا. مساحته حوالي ٤٥ في ٢٥ متراً والسقف مدعوم من ٣٢ من الأعمدة الرخامية بارتفاع حوالي ٩ أمتار. ٣٩٥

١١,٣ مجهر يوينهويك ولايقارن بالمجهر الحديث، ومع ذلك مع العناية والمهارة، كان قادراً على جعل رسومات دقيقة من كل شيء من الدم إلى البذور. ٣٩٧

١١,٤ ساعد عالم الميكروبيولوجي والكيميائي لويس باستور حل أسرار كيفية انتشار الأمراض. ٣٩٨

١١,٥ جزء من خريطة جون سنو لوباء الكوليرا لعام ١٨٥٤ في وسط لندن. كان باحثا دقيقا وحافظ على السجلات. ٣٩٩

١١,٦ المسح الضوئي الإلكتروني لبكتيريا الكوليرا، وكان حل لغز الكوليرا دون هذه التكنولوجيا ولكنها اليوم مجهزة للعلماء بشكل أفضل للبحث. ٤٠٠

١١,٧ النصب التذكاري لجون سنو وحانة، في شارع برودويك لندن. ٤٠١

١١,٨ الدكتور جون سنو، ١٨٥٧، الأب لعلم الأوبئة الحديثة. ٤٠٢

١١,٩ رسم توضيحي لمعالجة مياه الصرف الصحي الحديثة، وهو مزيج من التقنيات التي تمت مناقشتها في هذا الفصل. ٤٠٥

١١,١٠ محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحديثة، مثل هذه المحطة في دالاس، ولاية أوريغون، الولايات المتحدة، يمكن أن تكون فعالة وتنسجم مع المناظر الطبيعية. ٤٠٨

١١,١١ يمكن للنترات أن تدخل أنظمة المياه، بما فيها المياه الجوفية، من خلال مسارات عدة. ٤١٢

١١,١٢ جميس تشيمفامبا. ٤٢١

١١,١٣ خريطة جنوب أفريقيا التي تبين نسبة السكان في كل بلد التي تعتمد على الأنهار لتوفير المياه. ٤٢٢

١٤, ١١ (أ) بلدة تشيكاندا (ب) يسحب ذوى الدخل المنخفض المياه من نهر (ج) صنابير المياه للمجتمع الريفي تظل معظم الوقت. ٤٢٣

١٥, ١١ مواقع دراسة النهر في ملاوي. ٤٢٤

١, ١٢ هذه المشادة هي محاكاة ليست بعيدة جداً عما يحدث عندما تصبح حقوق المياه قضية. ٤٤٢

٢, ١٢ هذا الكانو (المجدف) في نهر ريو غراندي في نيو مكسيكو يبدو مستمتعاً بالمياه العالية بالموسم. ٤٤٣

٣, ١٢ اللوحة المصرية القديمة تظهر صب الماء. ٤٤٥

٤, ١٢ تتزامن فصول المواسم المصرية مع دورات نهر النيل، وكانت تعرف بالغمر (وتنطق آخت، وتستمر من ٢١ يونيو – ٢١ أكتوبر)، والظهور (وتنطق برويت، وتستمر من ٢١ أكتوبر – ٢١ فبراير)، والصيف (وتنطق شمو، وتستمر من ٢١ فبراير – ٢١ يونيو). ٤٤٦

٥, ١٢ نسخة من الصفحة الأولى من قانون نابليون عام , ١٨٠٤ .... ٤٤٩

٦, ١٢ منطقة الأراضي المتشاطئة على نهر دوار الشمس في ولاية ميسيسيبي، الولايات المتحدة، حيث يمكن ضخ المياه لأغراض الري بتصريح من الولاية. ٤٥٢

٧, ١٢ حقل يروى بطريقة السفون في جنوب ولاية آيداهو، الولايات المتحدة، حيث لا زراعة يمكن أن توجد من دون الري. ٤٥٤

٨, ١٢ يمكن مشاهدة طواحين الهواء القديمة في المراعي في جميع أنحاء الغرب الأمريكي. هذه الطاحونة تغذي بركة المياه من المياه الجوفية لسقي الماشية. ٤٥٧

٩, ١٢ نظام الري المحوري يجعل هذا المشهد المميز الدائري من الجو. ٤٥٨

١٠, ١٢ الأنواع المهددة بالانقراض في نهر كولورادو ، سمك كولورادو. ٤٦٢

١, ١٣ يحمى هذا النسر الذهبي الجميل من الصيد في الولايات المتحدة من قبل وكالة الأسماك والأحياء البرية الأمريكية. ٤٧٥

٢, ١٣ الضفدعة الكولومبية المنقطة المهددة في المأوى الجديد في ولاية نيفادا، الولايات المتحدة. ٤٧٥

١٣,٣ يمكن رؤية المآوي من البرك التي تم إنشاؤها حديثا في هذا الوادي في مزرعة وارنر، نيفادا، الولايات المتحدة. ٤٧٦

١٣,٤ هذا منظر جوي لبحيرة نافارو ميلز والسد على مجرى ريتشلاند في مقاطعة نافارو، تكساس، الولايات المتحدة. فيلق مهندسي الجيش الأمريكي شُيِّد هذا السد في عام ١٩٦٣ للسيطرة على الفيضانات وإمدادات المياه لمقاطعة نافارو. ٤٧٨

١٣,٥ كان التحويل الكبير لمجرى السد أحد مشاريع الاستصلاح الأولى على نهر كولورادو. بدأ ري منطقة مفرق الكبرى من قناة هايلاين في عام ١٩١٥ .... ٤٧٨

١٣,٦ المنتزه الوطني لبحيرة كريتر، ولاية أوريغون، الولايات المتحدة. يتم قراءة عداد محطة المياه من خلال ديلر حوالي عام ١٩٠١. وتقوم وكالة USGS بمراقبة المياه في الجداول والأنهار لسنوات عديدة. ٤٨٠

١٣,٧ التعرية الأخدودية التقليدية من جريان المياه السطحية يمكن أن تكون مدمرة للغاية. تساعد وكالة المحافظة على الموارد الطبيعية ملاك الأراضي على منع التعرية قبل أن تدمر الأراضي الزراعية. ٤٨١

١٣,٨ مكافحة هذا القاتل بعوضة الأنوفيليس، العمل المحدد لنشر الملاريا، كان أول عمل لمركز السيطرة على الأمراض. ٤٨٢

١٣,٩ يبقى نهر كولورادو جميلاً على الرغم من الطلبات الحالية على إمداداته المائية المحدودة. ٤٨٣

١٣,١٠ نهر المسيسيبي ينقل الرواسب والمواد المغذية إلى خليج المكسيك. ٤٨٥

١٣,١١ نهر لوس أنجلوس – الذي يمر عبر المدينة مع منطقة حضرية متشاطئة. ٤٨٧

١٣,١٢ طائر الكركي. ٤٨٩

١٣,١٣ الخط الأصفر في الصورة يحدد الحدود الشمالية لمنطقة أيفرجليدز البيئية، فلوريدا. ٤٩٠

١٣,١٤ انهيار الجرف الجليدي لارسن في شبه الجزيرة القطبية الجنوبية أنهار أكثر من ٣٥ يوماً في أوائل عام ٢٠٠٢، نتيجة الزيادة في درجات الحرارة بمقدار ٣°م منذ ١٩٤٠ .... ٤٩٢

١٣,١٥ سد فورت راندال على نهر ميسوري، بلدة بيك، داكوتا الجنوبية، الولايات المتحدة، هو واحد من السدود التي أقامها فيلق مهندسي الجيش الأمريكي القادر على تنظيم إطلاق المياه. ٤٩٤

١٣,١٦ حمار وحشي بلح البحر. هذا بلح البحر الحي: يمكنك أن ترى أنها مفتوحة.................. ٤٩٥
١٣,١٧ بحيرة تاهو وهي في خطر من فقدان المياه الزرقاء الأسطورية بسبب تدهور نوعية المياه. ٤٩٩
١٣,١٨ طفيل *Cryptosporidium parvum* يمكن أن يشاهد باستخدام تقنيات المناعة الفلورية.......... ٥٠٢
١٣,١٩ تظهر هذا الصورة نهر ترانيتي بولاية تكساس أمريكا ٥٠٦
١٣,٢٠ الدكتورة لوريل فينيكس ٥٠٧
١٤,١ الأستاذة الدكتورة كاث وستن. ٥٢٥

فهرس الجداول

رقم الجدول ... رقم الصفحة

١,١ الموارد المائية المتجددة وتوافر المياه في القارات. ١٨

١,٢ البلدان والأقاليم التي تعتمد على المياه الجوفية لأكثر من ٩٠ في المئة من مواردها المائية. ٢١

١,٣ النمو السكاني العالمي، ٠-٢٠٤٢ .... ٢٨

١,٤ الإحصاءات العالمية الحيوية بوحدة الزمن لعام ٢٠٠٦ .... ٣٠

١,٥ سكان المدن العشر الأكبر في العالم، ٢٠٠٥-٢٠١٥ (المتوقع). ٣١

٤,١ الخواص الفيزيائية للماء والقيم المهمة (نوقشت بالتفصيل في هذا الفصل) ١٢٢

٤,٢ السعة الحرارية النوعية لبعض المواد الشائعة. ١٢٦

٤,٣ قيم الرقم الهيدروجيني ph لبعض السوائل الشائعة للمساعدة في فهم المدى بين المواد الحمضية والقاعدية. ١٢٨

٤,٤ قيم الطلب على الأكسجين الحيوي المطابقة لنوعيات مختلفة من المياه. ١٣٠

٥,١ أضرار الفيضانات على الأنهار الأوربية الرئيسية. ١٩٣

٦,١ المسامية لبعض المواد الجيولوجية الشائعة. ٢١٠

٦,٢ مصادر تلوث المياه الجوفية المحتملة وما تحتويه من الملوثات الرئيسية. ٢٢٧

٧,١ الأحياء في البحيرات. ٢٤٧

٧,٢ إنتاجية البحيرة النسبي من تركيز الفوسفور الكلي لبعض البحيرات. إنتاجية البحيرات في المناطق الدافئة يمكن أن تختلف عنها في المناطق الباردة. ٢٤٧

١,٨ العوامل المسببة للتعرية والعمليات الناتجة. ٢٨٧
٢,٨ قائمة بأنواع منطقة منابع أركنساس الترفيهية. ٣٠١
١,٩ تعريف حالة مؤشر الأرض الرطبة. ٣٢٣
٢,٩ مصطلحات عادة ما تستخدم لوصف الأراضي الرطبة. ٣٢٨
٣,٩ العوامل المؤدية إلى فقد الأراضي الرطبة. ٣٣٤
١,١٠ التدفق السنوي لنهر مواري. ٣٦٢

الفصل الاول

رؤى مختلفة عن المياه والقضايا البيئية

Perspectives on Water and Environmental Issues

بالنسبة للكثيرين منا ما تعنيه المياه لنا هي أنها مجرد ما يتدفق من الصنبور، ولا نفكر أبعد قليلاً من هذه النقطة، لقد فقدنا الشعور بالاحترام للأنهار التي على سطح الكرة الأرضية، وللأراضي الرطبة، وللشبكة المعقدة من الحياة التي تعتمد على المياه ، لقد كان التحرك سريعاً في فرض حقوق استخدام المياه، ولكن كان التحرك بطيئاً في الاعتراف ببعض الالتزامات للحفاظ على المياه وحمايتها، وباختصار، نحن بحاجة إلى معرفة خاصة في خلاقيات التعامل مع اخلاقيات المياه أي إصدار دليل استخدام أمثل للمياه في مواجهة الأنظمة المعقدة غير المفهومة تماماً، (ساندرا بوستل Sandra Postel، ألدو ليوبولد Aldo Leopold) (١).

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- المقدمة.
- توزيع المياه بالكرة الأرضية.
- النظام البيئي، المناطق الأحيائية والأحواض المائية.
- الاستخدام العالمي للمياه.
- الميزانية العالمية للمياه.
- النمو العالمي السكاني والانتشار السكاني.

المقدمة

Introduction

دراسة الموارد المائية والقضايا البيئية هو مجال واسع ورائع جداً، حيث يمكن أن يتخذ اتجاهات عديدة ومختلفة، اتجه بعض العلماء في دراستهم إلى الاهتمام بالجوانب الفيزيائية للمياه والبيئة والأنهار والأراضي الرطبة والبحيرات،

والمياه الجوفية، والنظم البيئية المرتبطة بها، في حين اهتم علماء آخرون بالجوانب التاريخية للموارد المائية، على أمل إيجاد فرص للاستفادة من الجهود السابقة لتحسين الأنشطة المستقبلية، ولا يزال بعض الطلاب والممارسين يركزون على الجوانب الاجتماعية أو القانونية لإدارة الموارد المائية والبيئية.

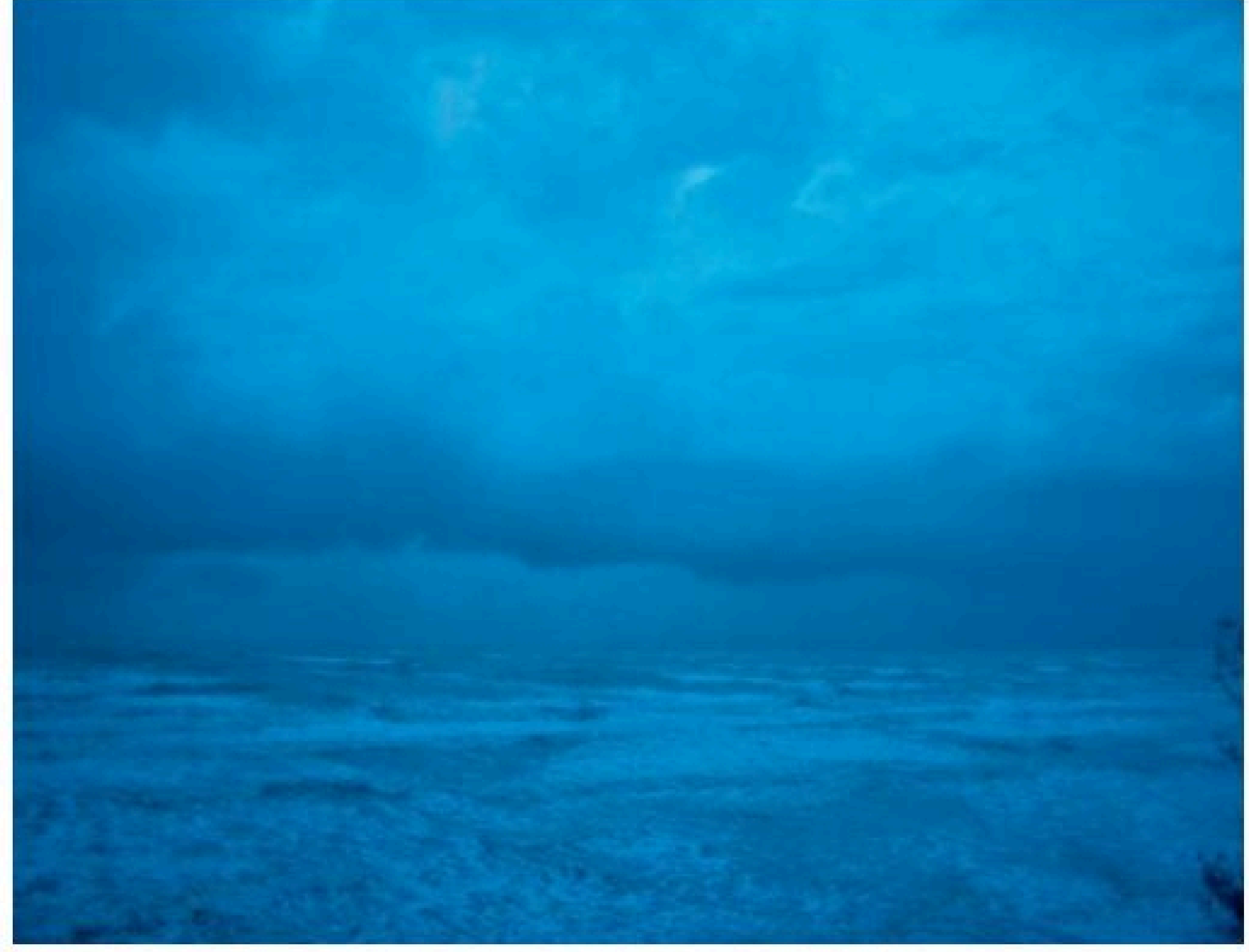
في هذا الفصل، نبدأ بلمحة عامة عن توزيع المياه في جميع أنحاء العالم ثم سيتم تقييم النظم البيئية وأساسيات أحواض تجميع المياه، ومن ثم سيتم التطرق إلى استخدامات المياه العالمية والقضايا السكانية، وننتهي بهذا الفصل بمناقشة قدرة الأرض على تحمل زيادة السكان، هدفنا هو شحذ همتك وأن هناك الكثير لنتعلمه خلال قراءة هذا الكتاب، نحن سعداء بأن تكون أحد القراء المهتمين بمجال الموارد المائية والقضايا البيئية؛ والآن دعونا نبدأ.

توزيع المياه على الأرض Distribution of Water on Earth

يوجد الماء في كل مكان على الأرض، وهو المادة الوحيدة التي يمكن أن توجد بشكل طبيعي بالصور الصلبة والسائلة أو الغازية، تحتوي الأرض على ما يقرب من ١,٣٩ بليون كيلو متر مكعب (٣٣١ مليون ميل مكعب) من الماء، مع نسبة ٩٦,٥ ٪ مخزنة في محيطات العالم، يتم تخزين ما يقرب من ١,٧ ٪ في الأنهار الجليدية والثلوج الدائمة، والجليد البحري، والقمم الجليدية القطبية، بينما ١,٧٪ توجد بصورة مياه جوفية، والأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة، والتربة، والباقي ٠,١ ٪ في الغلاف الجوي للأرض [٢].

على المستوى العالمي، تعتبر المياه العذبة متوفرة بشكل كبير، وتكمن المشكلة في توزيع المياه عبر القارات، كما ان هذه المياه تختلف من موسم إلى موسم ومن سنة إلى أخرى، ما يقرب من ثلثي السكان (حوالي أربعة مليارات شخص) يعيشون في المناطق التي تستقبل ربع كمية الأمطار السنوية في العالم، وبالإضافة إلى ذلك، فإن الكثير من هذا التساقط يأتي في شكل تساقط موسمي أو ثلوج جبلية، أو الأمطار الموسمية (انظر الشكل ١,١). على سبيل المثال، فإن الهند تسقط عليها ٩٠٪ من الأمطار السنوية خلال موسم الرياح الموسمية بين شهري يونيو وسبتمبر، ما تبقى من أشهر الستة الثمانية جافة تماماً، المثال الآخر هو حوض نهر الأمازون في أمريكا الجنوبية، حيث يوجد بالحوض وما يقرب من ١٥ ٪ من المياه السطحية الجارية في العالم، ويوجد به ٠,٤ ٪ فقط من سكان الأرض، آسيا، من ناحية أخرى، بها ٦٩٪ من سكان العالم، ولكن تمتلك ٣٦٪ فقط من مياه الجريان السطحي بالكرة الأرضية،

هذه الاختلافات أدت إلى نقص المياه والحاجة إلى: (١) تخزين المياه في خزانات خلال فترات زيادة كمية الأمطار، (٢) الاعتماد على موارد المياه الجوفية إن وجدت، أو (٣) نقل إمدادات المياه لمسافات طويلة.



الشكل ١,١ الرياح الموسمية فوق بحر تيمور بالقرب من الإقليم الشمالي للعاصمة داروين، أستراليا (Photograph by Bidgee at http://n.wikipedia.org/wiki/File:Evening_monsoonal_squall.jpg.)

فكر في الآتي: Think about it

يعيش ما يقرب من ثلثي سكان الأرض في المناطق التي تستقبل فقط ربع مياه التساقط السنوي في العالم، وهذا تفاوت هائل، ما هي أنواع تحديات إدارة المياه يوجد هذا التفاوت؟ ما هي أنواع التحديات البيئية الذي تسبب في هذا الخلل بين نسبة السكان/ التساقط؟

المحيطات Oceans

ربما قد تعلم أن الماء المالح يغطي أكثر من ٧٠٪ من سطح الأرض، ولكن توزيعه غير متساوٍ، لو نظرت إلى الكرة الأرضية من على ارتفاع كبير فوق بريطانيا، لرأيت أن ما يقرب من ٥٠٪ من الكرة الأرضية مغطى باليابسة، وعلى العكس، إذا كنت تنظر إلى الأرض من ارتفاع مماثل أعلاه بنيوزيلندا، لرأيت أن ما يقرب من ٩٠٪ مغطى بالمحيطات، هذا التوزيع غير المتكافئ لليابسة والماء نتيجة الصفائح التكتونية والتي تؤثر بشكل كبير في تيارات المحيط والمناخ وأنماط التساقط في جميع أنحاء العالم.

متوسط عمق المحيطات حوالي ٤٥٠٠ متر (١٤٨٠٠ قدم)، وقد وصل أكبر عمق ١١٠٣٥ متر (٣٦٢٠٥ أقدام) في خندق ماريانا بالقرب من جزيرة غوام في المحيط الهادئ الغربي، في المقابل، قمة إفرست (أعلى جبل في العالم، في جبال الهيمالايا في نيبال والتبت) ارتفاعه ٨٨٥٠ مترا (٢٩٠٣٥ قدما) فقط.

المحيطات مالحة، وتحتوي حوالي ٣,٥٪ أملاح ذائبة بالوزن، وأهم الأملاح الذائبة الصوديوم في المقام الأول، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكلوريد، الإنسان يتحمل فقط أقل من ٢٪ من الأملاح في مياه الشرب، الأمر الذي يجعل مياه البحر غير صالحة للشرب، عندما يتم تبخير مياه البحر، يترسب أكثر من ٧٥٪ من الأملاح الذائبة على صورة ملح الطعام (كلوريد الصوديوم). وبافتراض أن جميع مياه البحر تفقد عن طريق التبخر، فإن المعادن المتبقية تغطي قاع البحر بطبقة من الملح بعمق ٥٦ مترا (١٨٣ قدما) [٣]. أغلب المحاصيل الزراعية لا تتحمل الملوحة، ومعظم العمليات الصناعية لاتستخدام المياه المالحة بها، وهذه لها تأثيرات مهمة على البشر والنظم البيئية حيث ما يقرب من ٩٧٪ من مياه الأرض مالحة مما يجعلها صعبة ومكلفة، أو من المستحيل استخدامها للشرب والزراعة والاستخدامات الصناعية.

الأنهار الجليدية والثلوج الدائمة، والجليد البحري، والقمم الجليدية القطبية

Glaciers, permanent snow, sea ice, and polar ice caps

نشأت الأنهار الجليدية عند إعادة تبلور الجليد بسبب ثقل الثلج المغطي ومع مرور الوقت، تتكون الصفائح الجليدية الكثيفة، تشكلت الأنهار الجليدية عندما بدأت الثلوج والجليد بتكوين طبقة سميكة وثقيلة بحيث إن الجاذبية تتسبب في تعدم قدرة الكتلة المجمدة على الحركة، في الوقت الحاضر، تغطي الأنهار الجليدية حوالي ١٠٪ من مساحة اليابسة على الأرض، بينما تغطي الثلوج بشكل دائم ٢٠٪ أخرى من الكرة الأرضية، وهذا يعني أن حوالي ٣٠٪ من سطح الأرض ضمن الغلاف الجليدي (الطور البارد، أو المجمد).

من المستغرب، أن الأنهار الجليدية لاتحدث فقط في المناطق القطبية، ولكن أيضاً بالقرب من خط الاستواء، ففي مناطق قمم الجبال في غينيا الجديدة، شرق إفريقيا، وجبال الأنديز في أمريكا الجنوبية توجد الأنهار الجليدية على ارتفاعات عالية، في تنزانيا، جبل كليمنجارو (وباللغة السواحلية الجبال الساطعة) هو أعلى قمة في إفريقيا (٥٨٩٥ متراً، أو ١٩٣٤٠ قدماً)، حيث وجود النهر الجليدي الضخم الذي يعرف بنهر فورتوانجلر الثلجي في الجهة الغربية من الجبل (انظر الشكل ١,٢). وتقع على بعد حوالي ٣٥٠ كيلومتراً فقط (٢٢٠ ميلاً) إلى الجنوب من خط الاستواء، وهي بشكل خاص عرضة للتغير المناخي، سميت بهذا الاسم نسبة إلى والتر فورتوانجلر الذي

تسلق في أكتوبر ١٩١٢ مع سيجفرد كونيج، وحقق النجاح الرابع الموثق لتسلق القمة، وأصبح أول من استخدم الزحافات في النزول.

تغطي الثلوج والجليد بشكل دائم المناطق القطبية من نصفي الكرة الشمالي والجنوبي، في نصف الكرة الشمالي، يطفو الكثير من الجليد على شكل صفائح رقيقة من الجليد البحري في المحيط المتجمد الشمالي، على النقيض من ذلك، فإن المنطقة القطبية في نصف الكرة الجنوبي تتكون من نظام جليدي واسع من القارة القطبية الجنوبية والجليد البحري إلى ما وراء الساحل، ما يقرب من ثلثي غطاء الأرض من الجليد الدائم هو جليد بحري، من المستغرب، أن يمثل الجليد البحري نحو ٠,٠٠١٪ فقط من حجم الجليد الإجمالي للأرض [٥]. تكون القمم الجليدية القطبية المياه الكثيفة الباردة التي تخلق دوران المحيطات العميقة، تؤثر هذه التيارات المحيطية على المناخ في العالم عن طريق تغيير درجة حرارة المحيطات وهي العملية الديناميكية التي تتغير موسمياً وعلى مدى العقود والقرون، إنها عملية ديناميكية تربط بين القمم الجليدية القطبية مع المحيطات والغلاف الجوي.

الكتل الجليدية لكليمنجارو **Kilimanjaro** بدأت بالانحسار مؤخرا بمعدل ينذر بالخطر. وصف إرنست همنغواي **Ernest Hemingway** هذه الحقول الجليدية بأنها "واسعة بحجم العالم، عظيمة، ومرتفعة، وناصعة البياض بصورة غير مصدقة عند الشمس." ومع ذلك، منذ عام ١٩١٢ السنة الأولى التي تم قياسها على نطاق واسع فقدت الأنهار الجليدية ٨٢٪ من الجليد بها. توقع البعض بأن الأنهار الجليدية قد تختفي تماما بحلول عام ٢٠٢٠. ناقش العلماء السبب في انحسار الأنهار الجليدية وإحدى هذه النظريات هي أن الزيادة في الحرارة هي السبب في فقدان الكتل الجليدية التي تكونت قبل ١٢٠٠٠ سنة، فيما يشير آخرون إلى انخفاض في الغطاء النباتي للغابات المحيطة بجبل كليمنجارو. حيث يتم قطع الأشجار، أو حرقها لإنتاج الغذاء، وأحيانا عن غير قصد يقوم جامعو عسل النحل بتدخين خلايا النحل. يقلل انخفاض الغطاء النباتي في الغابات من التبخر الناتج عن نباتات الغابات إلى الغلاف الجوي، والمحصلة النهائية تقليل تكوين السحب وسقوط الأمطار، وزيادة الإشعاع الشمسي والتبخر من الكتل الجليدية (٤). من الملاحظ أن ارتفاع درجات الحرارة ونقص الغابات تعمل في وقت واحد لإذابة الجبل الجليدي. وهذا ما يسمى أكثر من تأثير، أي واحدة بمفردها وهي العمليات المتعددة التي تعمل معا لتحقيق نتائج سلبية سيئة أو سريعة من أي واحدة على حدة.



الشكل ١,٢ قمة فيرتونجلير الجليدية على جبل كليمنجارو في تنزانيا، من أعالي أوهورو، ٢٠٠١

(Photograph by Christopher J. Basset.)

المياه الجوفية Groundwater

المياه الجوفية هي المياه المخزنة تحت سطح الأرض، ويتم تجديدها عند سقوط الأمطار على سطح الأرض وانتقالها إلى أسفل من خلال التربة والتكوينات الصخرية إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية (الصخور والرمل وطبقة من الحصى التي يمكن تخزين وإنتاج كميات كبيرة من الماء). من الصعب تقدير حجم المياه الجوفية العالمي، وأنها تختلف على نطاق واسع بين المصادر، تمثل المياه الجوفية نحو ٣٠٪ من إجمالي المياه العذبة، مع ٧٠٪ المتبقية موجودة في القمم الجليدية القطبية والجليد البحري والثلوج الدائمة، والأنهار الجليدية والبحيرات والأنهار والأراضي الرطبة، وفي الغلاف الجوي، يوجد حوالي ٣٣٪ من المياه الجوفية للأرض في القارة الآسيوية، و٢٣٪ في إفريقيا، و١٨٪ في أمريكا الشمالية، و١٣٪ في أمريكا الجنوبية، و٦٪ في أوروبا، و٥٪ في أستراليا، والباقي ٢٪ في مواقع أخرى من العالم [٦]. الحجم الكلي للمياه الجوفية على وجه الأرض صغير، ولكنه أكبر بحوالي ٣٥ مرة أكبر من حجم المياه في جميع البحيرات العذبة والأنهار التي تتدفق في العالم [٧].

تتفاوت جودة المياه الجوفية في العالم بين المالحة للغاية (تحتوي على أكثر من ٣٠٠٠٠ جزء بالمليون كمواد كلية ذائبة) وخاصة في بعض المناطق الساحلية إلى المياه الجوفية الخالية نسبيا من المعادن في أيسلندا، بعض مصادر المياه الجوفية تحتوي على مستويات عالية من المعادن التي تتكون بشكل طبيعي مثل أملاح المنغنيز والكبريتات، والكلوريدات التي يمكن أن تسبب في حدوث مشاكل عند استخدامها، بينما قد تحتوي مواقع أخرى على كميات

كبيرة من النترات، والمواد المسببة للسرطان، وغيرها من الملوثات الناجمة عن النشاط البشري، هذه المحتويات تجعل المياه غير صالحة للاستخدامات، خاصة مياه الشرب.

في العمق In Depth

في بداية هذا الفصل، تم التعبير عن تركيز الملح بالمياه كنسبة مئوية، ومن ثم استخدمت وحدات أجزاء في المليون (جزء في المليون) مجموع الأملاح الكلية الذائبة لتحديد جودة وملوحة المياه، وغالبا ما تستخدم وحدات مختلفة لوصف الشيء نفسه، وهذا يمكن أن يكون مربكا، ولكن عادة ما يتم إما بسبب الاتفاقية، أو الطرق المختلفة المستخدمة لتحديد الكمية أو المقدار الذي يتم قياسه، كل وحدة من الوحدات المستخدمة يمكن أن تكون صحيحة، أوجد علماء من عدة دول نظاماً دولياً للوحدات لإزالة هذا الإرباك ولضمان أن الوحدات نفسها تستعمل لأغراض خاصة محددة، وضمان أن النتائج المتحصل عليها قابلة للمقارنة، وهذا ما يسمى النظام الدولي (SI). وكمثال على ذلك، اعتبر أن المحتوى الملحي للمياه ١٪ وهذا معناه أن جزء ١ من الملح في ١٠٠ أجزاء من الماء، والتعبير ١ جزء لكل مليون هو ١ جزء من الملح في مليون جزء من الماء وهكذا لأجزاء لكل مليار، تريليون، إلخ.

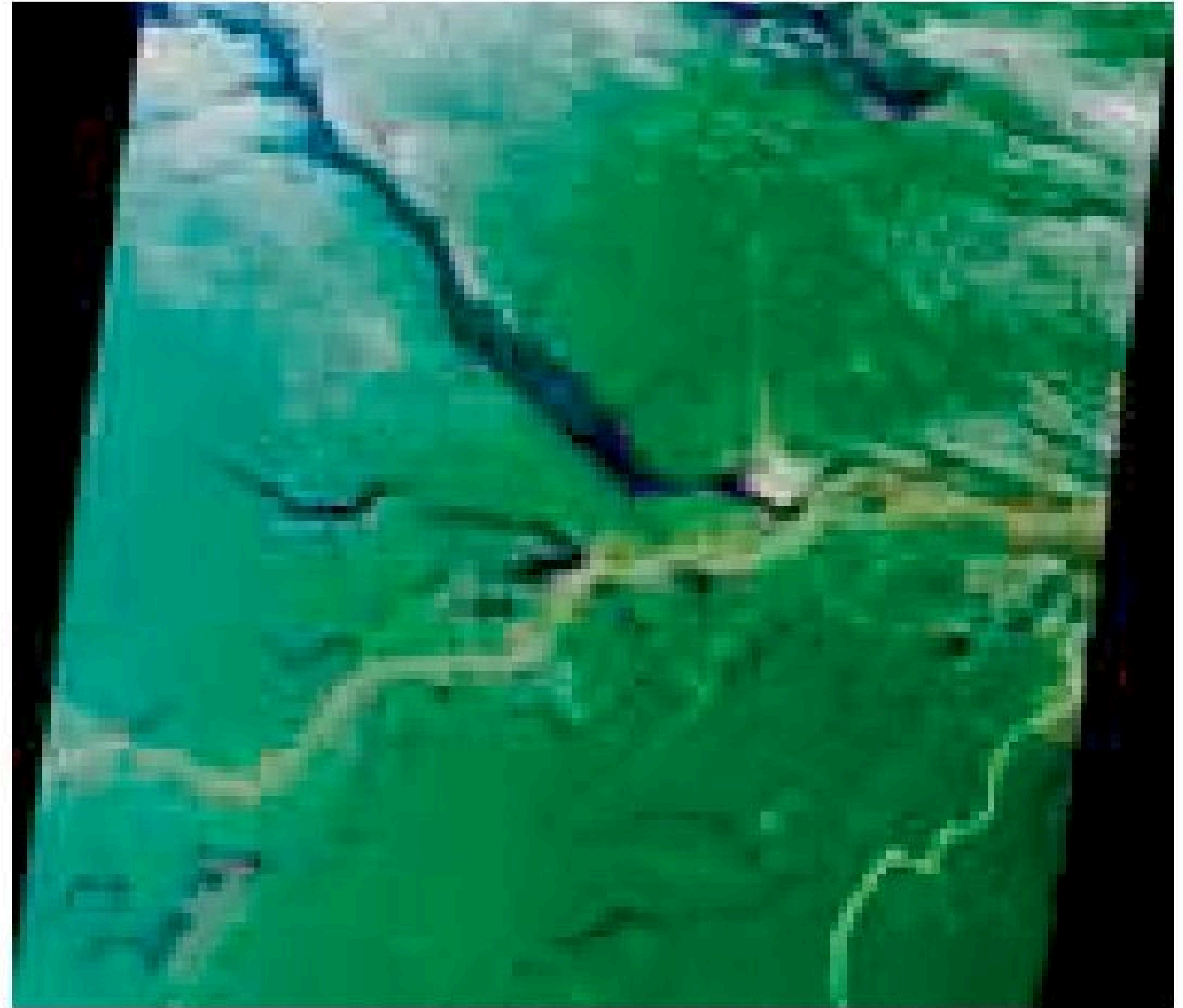
يمتلك سكان أيسلندا مياه عالية الجودة حيث يعتمد السكان على ٩٥٪ من مياه الشرب من المياه الجوفية غير المعالجة من خلال الينابيع والآبار، مدينة ريكيافيك العاصمة وعدد سكانها ١٣٤٠٠٠ نسمة، تحصل على المياه من الخزانات المسحوبة من الآبار على أعماق ١٠-٨٠ مترا (٣٣-٢٦٢ قدماً). الكثافة السكانية المنخفضة وقوة برنامج حماية المياه الجوفية ساعدا في الحفاظ على جودة المياه الجوفية في البلاد، فمن الممكن للحفاظ على جودة المياه إذا كان الدافع لذلك قوياً بما يكفي لجعل مصادر المياه ميسرة.

الأنهار Rivers

الأنهار، والجداول المائية الكبيرة والصغيرة لديها سمة مشتركة في احتوائها على المياه الجارية، وهذه السمة هي نقل المياه السطحية لنظام دورة المياه بالكرة الأرضية، هناك أكثر من ٤,٨ مليون كيلومتر (ثلاثة ملايين ميل) من قنوات الأنهار في الولايات المتحدة وحدها، وتمثل الأنهار ما نسبته ٠,٠٠٠١٪ فقط من المياه في العالم [٨]. تختلف الأنهار اختلافا كبيرا في الحجم، والتدفق، وسرعة تيار الماء، وأعداد الأحياء بها، وجودة المياه، ودرجة الحرارة، ومع ذلك، فقد تُلاحَظُ الاختلافات نفسها في نهر واحد أيضا، على سبيل المثال، نهر الأمازون في أمريكا الجنوبية الذي يتدفق نحو المحيط الأطلسي من خلال الغابات المطيرة في البرازيل لديه درجة حرارة أكثر دفئا، يحمل رواسب أعلى، ومستواه من الأكسجين أقل مقارنة بالجزء من جبال الأنديز في بيرو وهو الأسرع في التدفق والأكثر برودة والأعلى في مستوى الأكسجين (انظر الشكل ٣,١).

البحيرات Lakes

البحيرة وهي أي جزء من الماء داخل اليابسة، ذات حجم معقول، تكونت في الانخفاضات الطبوغرافية، وتقع معظم البحيرات في العالم (وينبغي عدم الخلط بينها وبين الخزانات التي شيدت من قبل البشر) في مناطق خطوط العرض الشمالية والمناطق الجبلية، تحتوي كندا وحدها على ما يقرب من نصف البحيرات في العالم، ويرجع ذلك جزئياً إلى أن الصفائح الجليدية تكونت في المنخفضات قبل ١٠٠٠٠-١٢٠٠٠ سنة، ويتم تغذية البحيرات عموماً من جريان المياه السطحية والأمطار مباشرة، وتحتوي على حوالي ٠,٢٦٪ من مياه الأرض.



الشكل ١,٣ منطقة ريو سوليموس Rio Solimoes، التي نشأت في جبال الأنديز البيروفية، لونها داكن وأخرى فاتحة بسبب الرمال والسلت والجليد. واللون الداكن من ريو نيغرو هو سمة من المياه الصافية تنشأ في المناطق الصخرية التي تحمل قليلاً من الرواسب، تتدفق المياه الفاتحة والداكنة اللون جنبا إلى جنب بالتدفقات المتميزة قبل أن تندمج هي للمساعدة في تشكيل نهر الأمازون.
(Image courtesy of NASA/GSFC/JPL, MISR Team from Visible Earth;

تختلف الحياة النباتية والحيوانية في البحيرات من بحيرات لا تحتوي على أي نوع من الحياة تقريبا في بعض المناطق الصحراوية إلى البحيرات الغنية بالمجتمعات من النباتات والأسماك والحشرات في المناخات الرطبة أكثر، على سبيل المثال، بحيرة سولت ليك الكبرى، تقع في المنطقة الصحراوية الجافة من ولاية يوتاه في الولايات المتحدة، تحتوي فقط على بعض أنواع الربيان، واليرقات، وأنواع البكتيريا، على النقيض من ذلك، بحيرة واحدة في المناخ الاستوائي في تايلند يوجد بها ما يقرب من ٤٠ نوعا من النباتات، والأسماك، والبرمائيات [٩]. يمكن دراسة تاريخ البحيرة من خلال تحليل رواسب قاع البحيرة لإظهار التغيرات المناخية السابقة، والتغيرات في جودة المياه، ومستويات الرواسب مع مرور الوقت، والإنتاجية البيولوجية للجسم المائي للبحيرة.

الأراضي الرطبة Wetlands

يمكن تعريف الأراضي الرطبة عموما بأنها المناطق المشبعة بالمياه السطحية أو الجوفية، لفترات طويلة بما فيه الكفاية، لتطوير خصائص التربة الرطبة التي تدعم في المقام الأول الغطاء النباتي للأراضي الرطبة، يمكن أن تسمى هذه بتسميات مختلفة مثل المستنقع، الأهوار، تجمع للمياه، أو مصبات الأنهار، وعموما تقع الأراضي الرطبة في المناطق المستوية، ولكن يمكن ان توجد على الجبال، وفي والوديان، وعلى طول النهر، وفي أي مكان تقريبا، السمات الرئيسية للأراضي الرطبة هي المياه (الهيدرولوجيا)، وترب الأراضي الرطبة، ونباتات الأراضي الرطبة، لا وجود للأراضي الرطبة في القمم الجليدية القطبية أو في المناطق القاحلة بشكل كامل، ولكن توجد في جميع المناطق المناخية الأخرى، ولذلك، فالأراضي الرطبة تغطي مدى واسعاً من ظروف التساقط والتبخر، وتوجد مجموعة متنوعة من النباتات والحيوانات، واحدة من المهام الأكثر أهمية للأراضي الرطبة هو توفير المأوى، والغذاء، والتكاثر أو مناطق المعيشة للتنوع الأحيائي في الأراضي الرطبة من العوالق النباتية، والنباتات ذات الأوراق الكبيرة والزواحف والبرمائيات والطيور الساحلية، والطيور المائية والثدييات (انظر الشكل ٤ , ١).



الشكل ١,٤ الأراضي الرطبة في ولاية مسيسيبي، الولايات المتحدة. السطح الأبيض هو طبقة من الطحلب البطيء العائم على سطح الماء.

(Photograph by Dean Pennington)

الغلاف الجوي Atmosphere

الغلاف الجوي هو الغلاف الغازي الذي يحيط بكوكب، أو جرم سماوي آخر، وعلى النقيض من ذلك، فالهواء هو غير مرئي، وعديم الرائحة، ويتكون من مجموعة من الغازات والجسيمات العالقة التي تحيط بالأرض، لجميع الأغراض العملية، فالهواء هو الغلاف الجوي للأرض، ينتقل بخار الماء إلى الهواء عن طريق التبخر من اليابسة والمسطحات المائية على وجه الأرض، وعندما تتبخر كمية من جزيئات الماء (تغيير من الحالة السائلة إلى غاز)، التي تساوي كمية المياه المكثفة (تحول من الغاز إلى سائل)، يقال ان الجو في حالة مشبعة، هذا هو الحد الأقصى لمقدار الرطوبة التي يمكن أن تتركز في مرحلة البخار (أو الغاز) عند درجة حرارة وضغط معينين، عندما يتم تجاوز التشبع، والهواء بارد بما فيه الكفاية، تحدث عملية التكثف ومن ثم التساقط على صورة (المطر والثلج والصقيع، أو البرد (انظر الشكل ٥ ,١). على الرغم من وجود ١ ,٠٪ فقط من مياه العالم في الغلاف الجوي في أي وقت من الأوقات، من الأهمية بمكان تجديد إمدادات المياه في جميع أنحاء العالم عن طريق التساقط.

لقد اقترحت فرضية مثيرة للاهتمام في السنوات الأخيرة مما يوحي بأن الاجسام الشبيه بالمذنبات والغنية بالمياه تصطدم بالأرض لإيداع بخار الماء في الغلاف الجوي العلوي. العلماء لويس فرانك وسيجورث جون، من جامعة ولاية أيوا، قدموا دلائل من الصور الملتقطة عبر القمر الصناعي القطبي التابع لناسا [١٠]. يعتقد العالمين أنه على مدى الزمن الجيولوجي، الشهب وضعت ما يكفي من المياه في النظام الأرض الهيدرولوجي لملء المحيطات. انها فكرة مثيرة للجدل، وهي مجال مثير للاهتمام في النقاش العلمي.

النظم البيئية والمناطق الأحيائية، وأحواض التجميع Ecosystems, Biomes, and Watershed

وجدت موارد المياه في أشكال ومواقع مختلفة وبكميات مختلفة في جميع أنحاء العالم - تعتمد حياة الإنسان على الإمدادات الكافية من المياه من أجل البقاء والازدهار، وكذلك بالنسبة للنباتات والحياة البرية والمائية — إن محاولة إدارة الموارد المائية في بعض الأحيان، على أساس الحدود السياسية لها عواقب وخيمة على استخدام وصلاحية الموارد المائية، تنشأ التغيرات في استخدام الأراضي التي تغير النظام البيئي داخل حدود منطقة محمية، وبالمثل، يمكن لأنشطة تنمية الموارد المائية في بلد واحد أن تؤثر بشدة على الأراضي واستعمالات المياه في منطقة المصب بالحدود الدولية، لهذه الأسباب، فإنه من المفيد محاولة إدارة المناطق المتشابهة كوحدة بدلاً من الحدود السياسية، ومع ذلك، فإن ذلك سهل الحديث عنه دون تفعيله، ليس فقط بسبب السياسة، ولكن أيضا لأنه من



الشكل ١,٥ السحب، دليل على المياه في الغلاف الجوي، تتشكل فوق كولورادو قبل العاصفة.

(Photograph by Karrie Pennington)

الصعب تحديد وحدة أرضية "صحيحة" للنظر فيها، لقد تم تطوير ثلاثة مستويات من التصنيف، يمكن أن تكون مفيدة في إدارة الموارد، وهي النظم البيئية، والمناطق الإحيائية، وأحواض التجميع (أو متجمعات أحواض الأنهار).

النظم البيئية Ecosystems

تعريف عام للنظام البيئي هو "مجتمع معقد ديناميكي من المجتمعات النباتية والحيوانية والكائنات الحية الدقيقة (البيئة الأحيائية) والبيئة غير الحية (غير الحيوية) كوحدة وظيفية"، يمكن أن يكون النظام البيئي من أي حجم مثل منطقة صغيرة، بركة، حقل، بحيرة، غابات، أو المحيط الحيوي للأرض (جزء من الأرض يحتوي على الكائنات الحية)، ولكن كما هو الحال دائما يتعامل معها كوحدة كاملة [١١]. النظم البيئية ليست ذات مواقع ثابتة فعلى الأقل تتحرك كل من الطاقة والمواد المغذية دخولا وخروجا من هذه الأنظمة المحددة.

مصطلح "النظام البيئي" مشتق من كلمة "البيئة" (من اليونانية OIKOS، وهذا يعني "البيت" أو "مكان للعيش"). واقترح لأول مرة من قبل عالم الأحياء الألماني إرنست هيجل في عام ١٨٦٩. وتم استخدامه بتوسع حوالي ١٩٠٠. علم البيئة هو دراسة الكائنات الحية، أو مجموعات من الكائنات الحية، وعلاقتها بالبيئة [١٢].

يمكن أن يكون نطاق النظام البيئي كبيراً جداً، أو صغيراً جداً، على سبيل المثال، تمتد النظم البيئية المائية لحوض نهر موراي دارلينج أكثر من ٢٤٠٠ كيلومتر (١٥٠٠ ميل) عبر جنوب شرق أستراليا، وعلى النقيض من ذلك، أرض رطبة واحدة تغطي أقل من نصف هكتار (حوالي فدان) حيث تعتبر نظاماً بيئياً محدداً.

هناك ثلاثة مؤثرات مهمة لتعريف النظام البيئي، الأول: كل أنحاء الأرض هي أجزاء من نظام بيئي، من أصغر الميكروبات إلى أكبر النباتات والحيوانات، كلما كان النظام البيئي أصغر، كان التداخل والتفاعل بين المكونات الحية وغير الحية أكبر في بيئتها المحلية، الثاني، مكونات النظام البيئي ليست بالضرورة محلية الأصل في منطقة، فالطيور تطير عبر السماء، وبذور النباتات تتحرك في الهواء والماء، والفهود الكبير قد تقرر التنقل إلى منطقة أخرى لترى ما يعيش على الجانب الآخر من الجبل. إنَّ أياً من هذه الكائنات ليس على بينة بحدود النظام البيئي، قد تصبح وحدة النظام البيئي غير مستقرة، أو مهددة من خلال إدخال أنواع جديدة من الأنواع، أو تغير الظروف المادية للمنطقة، الثالث: لا يوجد عادة حدود جغرافية حقيقة للنظم البيئية.

تمتد مصادر الغذاء لسمك السلمون بين الشمال الغربي للولايات المتحدة وإلى حدود بحر اليابان في غرب المحيط الهادئ، ومع ذلك، فقد يكون من المناسب للباحثين دراسة نوع معين من سمك السلمون في منطقة معينة من حوض التجميع كمنطقة جغرافية لوحدة النظام البيئي لسمك السلمون، وهذه الوحدة تمتد من قمم التلال في حوض الصرف الزراعي في ولاية ايداهو إلى مصب النهر في ولاية أوريغون، ويمكن تحديد النظم البيئية لعدة أغراض منها ما هو لتقييم الصحة البيئية لكل من النباتات أو الحيوانات، ومصادر الغذاء، ومخصبات التربة، وأنماط الفيضان، أو غيرها من العوامل الفيزيائية أو الكيميائية، ويعدُّ التعريف الأساسي للنظام البيئي مجتمعاً معقداً ديناميكياً حيوياً من المجتمعات النباتية والحيوانية، والكائنات الحية الدقيقة المتفاعلة مع البيئة غير الحية كوحدة وظيفية، وهذا التعريف ينطبق مهما كان حجم أسباب تحديد النظام البيئي.

المناطق الأحيائية Biomes

المناطقة الأحيائية (تنطق bi-ome) هي نظام بيئي إقليمي مهم أو هو مجتمع من النباتات والحيوانات، مثل الغابة، والأراضي العشبية، أو الصحراء. يتم استخدام مصطلح المناطق الأحيائية (biomes) في معظم الأحيان

لمجتمع محدد جدا، ويسمى عادة بعد سيطرة نوع أو شكل من أشكال الحياة، مثل الغابات المطيرة، أو الشعب المرجانية، وقد توجد المناطق الأحيائية في مواقع عديدة في جميع أنحاء الأرض، المناطق الأحيائية للأراضي العشبية، على سبيل المثال، هي تتضمن مناطق مثل المروج العشبية بالولايات المتحدة، وكندا، ومناطق llanos في فنزويلا، و pampas بالأرجنتين، و steppes في آسيا الوسطى، والمروج (متموجة الهضاب) والسافانا في أفريقيا، أو في المراعي بأستراليا، يمكن لمثل هذه المناطق الأحيائية للأراضي العشبية أن تكون جزءاً أكبر للنظام البيئي (انظر الشكل ٦ ,١).



الشكل ١,٦ المراعي العشبية في كنساس جزء من منطقة المراعي الحية في الغرب الأوسط بالولايات المتحدة.
(Photograph by Karrie Pennington)

أحواض التجميع Watersheds

أحواض تجميع المياه هي المساحة الكلية من الأرض التي تصرف المياه إلى مسطح مائي محدد مثل النهر، البركة، البحيرة، أو المحيط، يتم تحديد حجم أحواض تجميع المياه (وتسمى أيضا حوض النهر، أو مستجمع المياه) بالاعتماد على طبوغرافية المنطقة، أحواض تجميع المياه الصغيرة توجد داخل نظام أحواض التجميع الكبيرة، على سبيل المثال، نهر وايكاتو، وهو أطول نهر في الجزيرة الشمالية من نيوزيلندا يحتوي على عدد كبير من الروافد الصغيرة وكل منها يُكوِّن حوض تجميع بحجم أصغر، وتساهم جميع أحواض التجميع الصغيرة في تكوين حوض

التجميع الكبير لمجرى نهر وايكاتو الكبير الذي يصب في بحر تسمان، بغض النظر عن المكان الذي تعيش فيه، فأنت ضمن حوض تجميع.

تشمل أحواض التجميع طائفة واسعة من النظم البيئية والمناطق الأحيائية، ويمكن أن تغطي العديد من الولايات والمقاطعات والأقاليم، أو البلدان، تشمل مكونات حوض التجميع كلا من الماء (المائية) ومكونات الأرض (الأراضي).

أحواض التجميع، كمناطق للدراسة، تحدد بسهولة بالحدود الجغرافية المرسومة، أي يمكن تعيين حدودها بواسطة الأعراف، أو الحدود المرتفعة الأخرى، يمكن استخدام خريطة طبوغرافية المسح الجيولوجي الأمريكية أن (topo) لتحديد المواقع الدقيقة لأحواض تجميع المياه في الولايات المتحدة، ويمكن أن يتم تحديد حدود أحواض التجميع على مستوى العالم بحدود المسطحات المائية.

كما ذكر في السابق، فإنه من الصعوبة رسم حدود النظام البيئي، لأنه لا يمكن لكل من النباتات والحيوانات أن تحصر بالضرورة في منطقة محددة بسهولة. الحدود السياسية، مثل الحدود بين الولايات والبلدات والمقاطعات والمدن، أو الحدود الدولية، تستخدم أحياناً للدلالة على حدود النظام البيئي، وهذا يمثل مجموعة أخرى من المشاكل، حدود النظم البيئية غير دقيقة بطبيعتها، ولكن توفر حدوداً طبيعية علمية ومقبولة سياسياً، للأسف، هذه الحدود قد تتسبب في عدم الدقة العلمية لدراسة حوض التجميع، إدارة النظم البيئية على أساس احواض تجميع المياه جذابة للبعض ولكن بالتأكيد لا تمثل كل جهود الإدارة البيئية.

الآثار البشرية على النظم البيئية Human effects on ecosystems

يمكننا أن نرى الآثار السلبية للإدارة البشرية على المياه العذبة في النظم البيئية، بناء السدود وتوسيع مجاري مياه الأنهار، جودة المياه الرديئة كلها تغير أنظمة الأنهار وتسبب تدهور الأراضي الرطبة، يمكن أن تؤدي التعديلات في مجاري الأنهار إلى تغيير، أو حتى تدمير مأوى الأحياء المائية، وتغيير أنماط هجرة الأحياء البرية، قد تكون نتيجة هذه التغيرات مدمرة لمجموعات الحيوانات البرية، وجميع أنواع الحياة.

وفقاً لمنظمة اليونسكو (منظمة الأمم المتحدة للتربية والتعليم والثقافة):

- ٦٠ ٪ من أكبر الأنهار العالمية (٢٢٧ نهراً)، مجزأة بالسدود والتحويلات، والقنوات، مما يؤدي إلى تدهور النظم البيئية.
- جففت ٥٠ ٪ من الأراضي الرطبة في العالم بين عامي ١٩٧٠ و١٩٩٠.
- وفقدت أكثر من ٨٠ ٪ من الأراضي الرطبة على طول نهر الدانوب منذ عام ١٩٠٠.
- انقرض ما بين ٣٤ ، و٨٠ نوعاً من أنواع الأسماك منذ أواخر القرن التاسع عشر، وانقرضت ٦ أنواع منذ عام ١٩٧٠.
- على الصعيد العالمي، تصنف ٢٤٪ من الثدييات و١٢٪ من الطيور على أنها مهددة بالانقراض.
- في الولايات المتحدة، تعتبر ١٢٠ من أصل ٨٢٢ نوعاً من أنواع أسماك المياه العذبة مهددة بالانقراض وهي تمثل ١٥٪ من جميع أنواع الأسماك في البلد [١٣].

يمكن أن يؤدي النمو السكاني (أو النزوح بسبب الحروب) (انظر الشكل ١,٧) إلى تحويل الأراضي إلى أراض زراعية لزيادة إنتاج الغذاء، حيث يتم تجفيف الأراضي الرطبة والحساسة الأخرى، أو تعديلها لتحسين القدرة الزراعية في المنطقة، يمكن أن يؤدي تحويل الأراضي إلى مخططات حضرية أو استخدامات أخرى إلى تغير أنماط الجريان السطحي بالمنطقة، أو ترسب الطمي في الأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة، وفقدان مأوى الأحياء المائية، وانخفاض التغذية الطبيعية، يمكن أن يؤدي إدخال الأنواع الغريبة من الأحياء إلى فقدان الأنواع المحلية، وتغيرات في التنوع الأحيائي، وانخفاض مأوى الحياة البرية، أو إنتاج الأغذية، وأخيراً، يمكن أن يتسبب التلوث الناجم عن النمو السكاني في تغيير كيمياء البيئة في المسطحات المائية، وتلوث أنظمة إمداد المياه، وتدهور النظم البيئية.



الشكل ١,٧ قائمة انتظار بأوعية المياه بالقرب من بئر الماء في مخيم أبو شوك في السودان. هناك ما يقرب من مليوني لاجئ في دارفور. العديد منهم في المستوطنات الكبيرة مشابهة للصورة، في أبي شوك في الفاشر، شمال دارفور. تخيل المشاكل التي ينطوي عليها الحصول على المياه لكل هؤلاء اللاجئين. ألقِ نظرة على الأرض واسأل نفسك، أين يزرع الغذاء؟
(Photograph courtesy of Sudan post-conflict Environmental Assessment report, United Nations Environment Programme, June 2007)

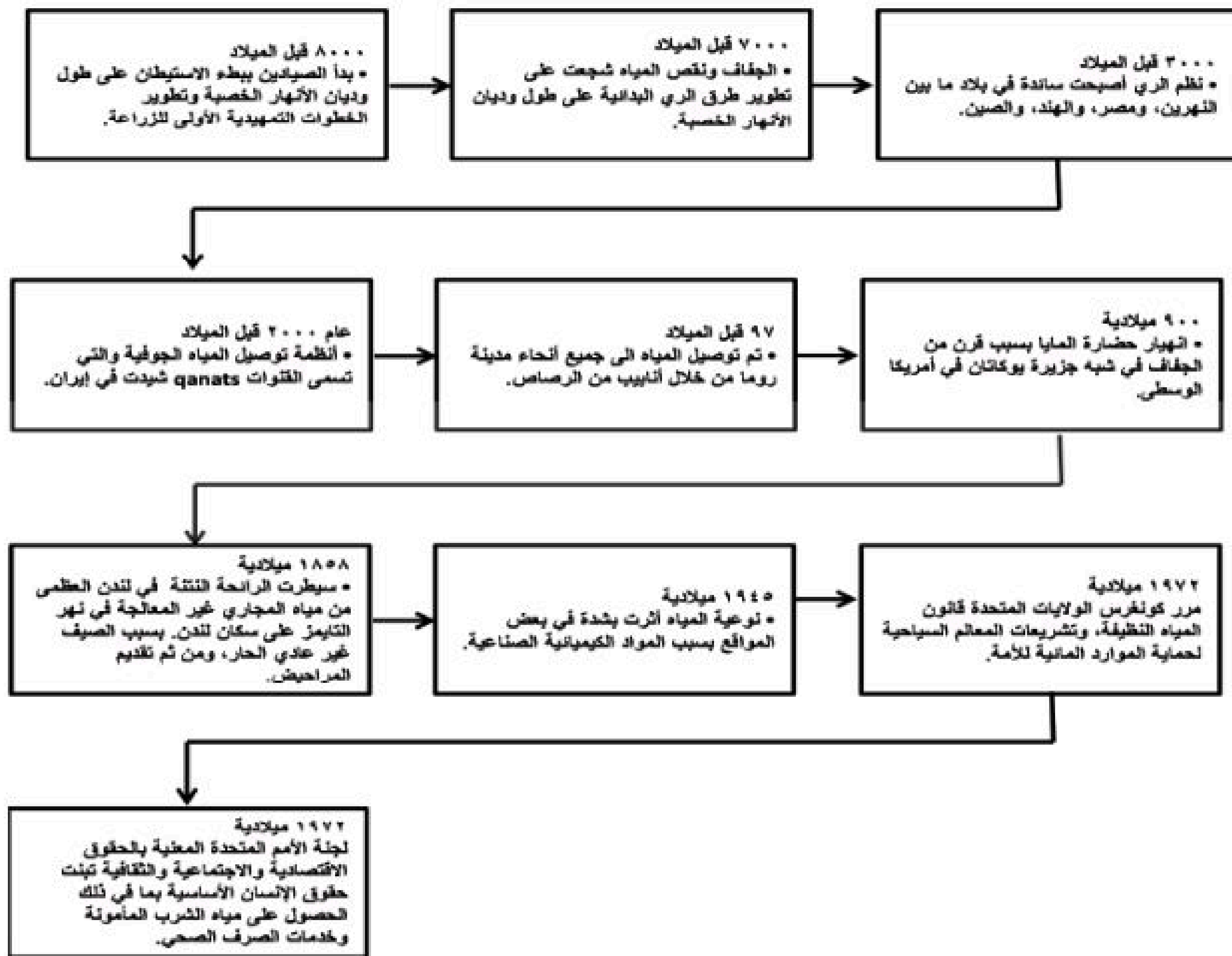
استخدام المياه عالمياً Global Water Use

منذ بداية المستوطنات البشرية على الأرض، استخدمت المياه لأغراض الشرب والصرف الصحي، والري، في عصور ما قبل التاريخ، استقر البشر في مناطق إمدادات المياه المعتمد عليها، ومع ذلك، خلال فترات الجفاف، اضطر كثير من عشائر البشر أحياناً إلى التنقل للبقاء على قيد الحياة، ثم، قبل ٩٠٠٠سنة جرت محاولات بدائية لتحويل المياه لري المحاصيل، قبل حوالي ٤٠٠٠ سنة، تم تطوير أول أنظمة المياه الصالحة للشرب في إيران، تلاه القنوات الرومانية المعقدة قبل ٢٠٠٠ سنة، شكل ١,٨ هو خطوط عامة لبعض الأحداث المهمة في استخدام المياه من قبل الإنسان.

قبل تدخل البشر، ظلت إمدادات المياه في العالم في حالة طبيعية، في فترة ماقبل التأريخ كانت الفيضانات والجفاف شائعة في كثير من مناطق العالم، غيرت ظاهرتا الاحتباس الحراري والتبريد الطبيعية مناخ الأرض، مما تسبب في تطور وتكيف واختفاء الحياة في مختلف النظم البيئية، ونتيجة زيادة عدد السكان ازدادت الحاجة إلى الإمدادات الغذائية بشكل مطرد، استخدمت طرق الري البدائية في الشرق الأوسط والصين، والهند لتلبية هذه الاحتياجات، ومع زيادة الاستخدام البشري للمياه حدث التلوث ونقصت المياه.

يعتقد أن إمدادات المياه الأصلية بالكرة الأرضية لم تتغير نسبيا منذ مئات الملايين من السنين، ولا تزال المياه التي كانت موجودة خلال عصر الديناصورات تستخدم اليوم، ومع ذلك، فإن هذه المياه قد تكون في مواقع مختلفة، وفي أشكال مختلفة سواء كانت صلبة، أو سائلة، أو غازية، في السنوات الـ ١٠٠ الماضية، زاد استخدام المياه العالمي بمعدل أكثر من مرتين من نمو سكان الأرض، وسبب ذلك مشاكل مزمنة في إمدادات المياه، وبحلول عام ٢٠٢٥، يقدر أن ٨٠٠ مليون شخص سيعيشون في مناطق ندرة المياه الحادة، واليوم، تعاني معظم البلدان، وكذلك المكسيك وباكستان وجنوب أفريقيا، وأجزاء كثيرة من الصين والهند من نقص خطير في المياه [١٤].

يمكن الرجوع إلى الموقع (www.unwater.org) لمزيد من المعلومات حول نقص المياه العالمية، والاستراتيجيات للتخفيف من حدة الضائقة المستقبلية البشرية والبيئية.



الشكل ١,٨ أحداث مهمة في استخدام الإنسان للمياه.

يوفر جدول ١,١ معلومات عن توافر المياه والسكان لكل القارة [١٥]. الموارد المائية المتاحة في آسيا هي الأعلى في الحجم، ولكن المياه المتاحة للفرد هناك هي

توصي الأمم المتحدة أن الاستهلاك المائي للفرد بما لا يقل عن ٥٠ لتراً (١٣ جالوناً) من الماء كل يوم للشرب والطبخ، والصرف الصحي.

الأدنى، لأن عدد السكان في آسيا هو الأعلى أيضاً، زيادة الطلب على إمدادات المياه المحدودة أجبرت الملايين من الناس (الفتيات والنساء عموما) (انظر الشكل ١,٩) في مناطق دول مثل المكسيك والصين وبيرو وفلسطين، وأفغانستان، والنيجر، لقضاء جزء كبير من يومهم في نقل المياه في علب من البلاستيك، والدلاء، والأباريق للاستهلاك البشري والتنظيف. يعاني الفقراء أكثر من غيرهم من نقص امدادات المياه، وتشمل الأعمال اليومية السير لمسافات طويلة للحصول على المياه، وفي كثير من الأحيان بأسعار مرتفعة، أو من جداول مائية ملوثة، أو من صنابير غير نظيفة. سنتحدث أكثر عن هذه المشكلة الإنسانية الهائلة في فصول لاحقة.

الجدول ١,١ الموارد المائية المتجددة وتوافر المياه في القارات –١٩٩٩

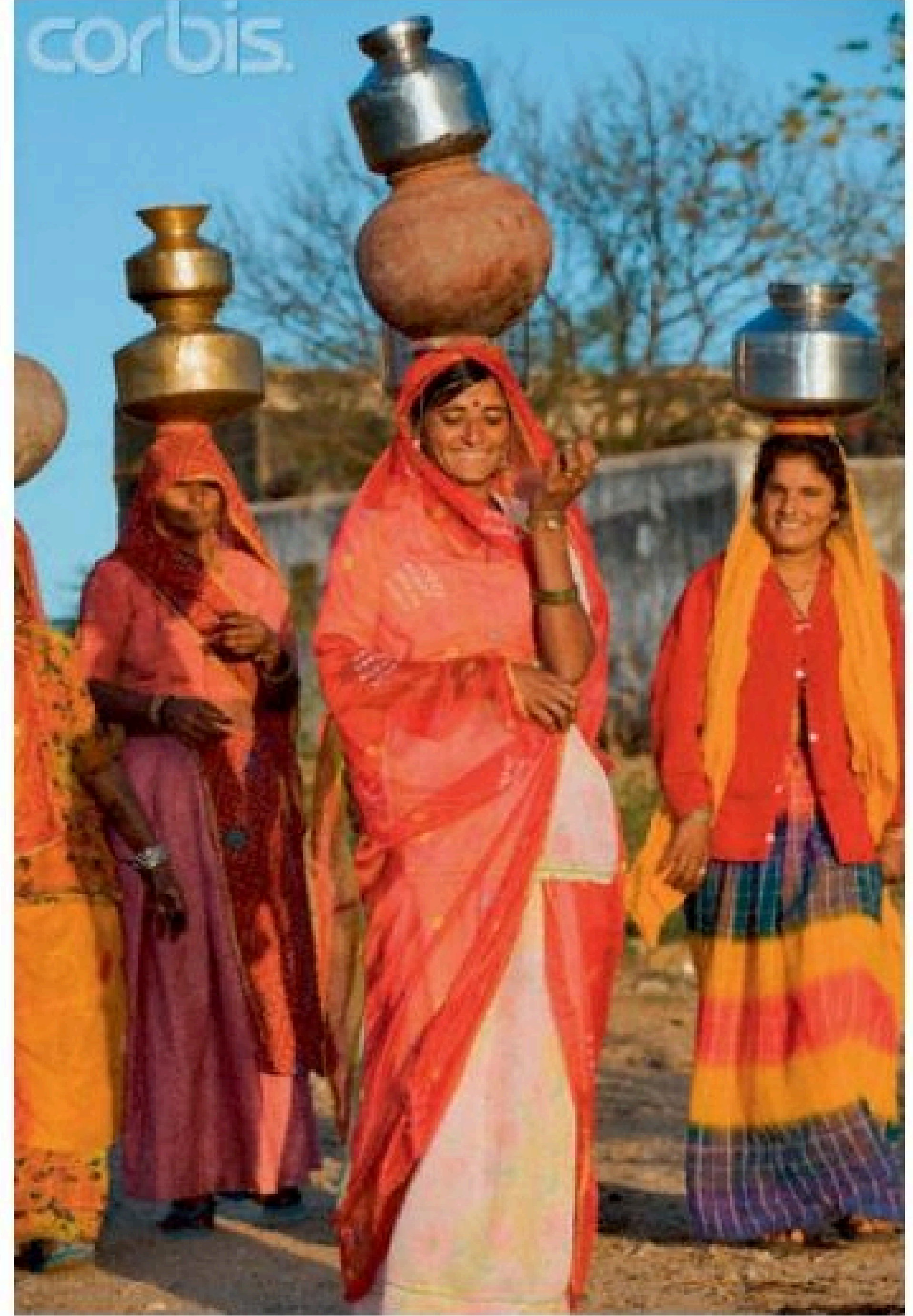
			مصدر الماء (كم³/سنة)			إمكانية توفر المياه (١٠٠٠م³/سنة)	
القارة	المساحة (مليون كم²)	السكان (مليون)	المتوسط	الحد الأقصى	الحد الأدنى	لكل كم²	لكل فرد
أوروبا	١١	٦٨٥	٢٩٠٠	٣٤١٠	٢٢٥٤	٢٧٧	٤,٢
أمريكا الشمالية	٢٤	٤٥٣	٧٨٩٠	٨٩١٧	٦٨٩٥	٣٢٤	١٧,٤
أفريقيا	٣٠	٧٠٨	٤٠٥٠	٥٠٨٢	٣٠٧٣	١٣٤	٥,٧
أسيا	٤٤	٣٤٤٥	١٣٥١٠	١٥٠٠٨	١١٨٠٠	٣١١	٣,٩
أمريكا الجنوبية	١٨	٣١٥	١٢٠٣٠	١٤٣٥٠	١٠٣٢٠	٦٧٢	٣٨,٢
أستراليا وأوقيانوسيا	٩	٢٩	٢٤٠٤	٢٨٨٠	١٨٩١	٢٦٩	٨٣,٧
كافة العالم	١٣٥	٥٦٣٣	٤٢٧٨٥	٤٤٧٥١	٣٩٧٧٥	٣١٧	٧,٦

Source: Summary of the monograph World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, prepared in the framework of IHP UNESCO, Scientific Leader and Editor Prof. Igor A. Shiklomanov and J.A. Balonishnikova, Cand. Geogr. Sci., Scientific Secretary, SHI 23, 2nd Line, St. Petersburg, Russia.

استخدامات المياه الاستهلاكية وغير الاستهلاكية Consumptive and non-consumptive water uses

هذا مفهوم مهم جداً: يمكن تقسيم استخدام المياه إلى نوعين، الاستخدام الاستهلاكي وغير الاستهلاكي، يكون الاستخدام المائي الاستهلاكي عندما يتم استهلاك المياه بالكامل حيث لا يعود منها أي جزء إلى الجداول المائية أو غيرها من المسطحات المائية بعد الاستخدام، أما الاستخدام غير الاستهلاكي فهو يشير إلى

استخدام المياه ولكن جزءاً من هذه المياه يعود مباشرة إلى الأنهار والبحيرات والمحيطات، أو طبقة المياه الجوفية، يستهلك جزء كبير من مياه الري للمحاصيل والمروج من خلال عملية النتح بالنبات، وبالإضافة إلى ذلك، فإن الكثير من الاستخدام الاستهلاكي المياه في جميع أنحاء العالم هو من التبخر من سطح الأرض والمسطحات المائية، يمكن أن تشمل استخدامات المياه غير الاستهلاكية مياه الترفيه، ومكونات الري (الجريان السطحي الذي يرجع مرة أخرى إلى الجداول المائية، أو نظام المياه الجوفية غير العميقة)، وأجزاء منه في الاستخدامات المنزلية للغسل والصرف الصحي والأغراض الأخرى، المياه المعاد تدويرها عموماً ليست نظيفة كما كانت، وتسبب في دخول الملوثات إلى المسطحات المائية. إن إعادة تدوير المياه يوفر الماء، ولكن يمكن أن يقلل جودته، في بعض الأحيان هذه ليست مشكلة، ويتوقف ذلك على مدى التغير النوعي، والاستخدام المستقبلي للماء.



الشكل ١.٩ المرأة الهندية تحمل أواني المياه.

(Photograph by Galen R. Frysinger, Sheboygan, WI. US)

اليوم، ما يقرب من ٧٠٪ من الاستخدام العالمي للمياه في الزراعة، نجده في بعض البلدان الأقل نموا، وتبلغ هذه النسبة ٩٥٪ تقريبا – إم استخدام مياه الري هو عنصر مهم للغاية في تغذية سكان العالم، ومن المتوقع أن تكون هناك حاجة لأكثر ١٤٪ من المياه العذبة لتلبية مطالب الزيادة المطردة على الغذاء في العالم في السنوات الـ ٣٠ المقبلة [١٦]. تلك المشكلة التي تلوح في الأفق ستصبح تحديا للجميع، إذ كيف يمكننا الاستمرار في تلبية متطلبات

الإنسان في استخدام المياه الاستهلاكية، وفي الوقت نفسه حماية إمدادات المياه المحدودة في النظم البيئية الهشة؟ وسيكون هذا المجال مثيراً للاهتمام بالدراسة في المستقبل القريب.

فكّر في الآتي Think about it

حدِّد استخداماتك للمياه يومياً، شهرياً، سنوياً ومع مدينة تامبا، باستخدام حاسبة فلوريدا للمياه من الموقع على شبكة الإنترنت (www.tampagov.net) قَسِّمْ الإمداد بالماء. هل يمكن أن تفعل أفضل من ذلك للمحافظة على المياه؟

الميزانية العالمية للمياه The Global Water Budget

أكثر من نصف أنهار العالم الرئيسية استنزفت، أو أصبحت ملوثة، حيث أثرت وتسببت في تسمم البيئة الطبيعية المحيطة؛ مما يهدد صحة ومعيشة الناس الذين يعتمدون عليها للشرب والري والمياه الصناعية. (اللجنة العالمية للمياه للقرن ٢١ [١٧].

في جميع أنحاء العالم، يتزايد الطلب على المياه العذبة بسبب النمو السكاني في المقام الأول، والتنمية الصناعية، وقد زاد استخدام المياه إلى ضعف معدل النمو السكاني في جميع أنحاء العالم، وفقاً للمجلس الاقتصادي والاجتماعي للأمم المتحدة، قدَّر مجلس الموارد المائية في الولايات المتحدة أنه بحلول عام ٢٠٢٠ سيتجاوز استخدام المياه في الولايات المتحدة الموارد المائية السطحية المتاحة بنسبة ١٣٪ [١٨]. شملت الحلول المقترحة للحد من هذا النقص، زيادة استخدام إمدادات المياه الجوفية، وتنفيذ برامج ترشيد على المياه المحسنة، ولا يمكن الاعتماد فقط على المياه الجوفية؛ لأن معظم هذه الإمدادات محدودة ومن غير المتوقع أن تلبي الطلب المتزايد على المياه. برامج ترشيد المياه ضرورية، ولكن غالبا ما تكون الفوائد محدودة، أو تتطلب وقتاً لتحقيق نتائج محسوسة.

سيكون الإجهاد المائي أعظم ومما قد يتبادر إلى الذهن، وأفريقيا مشاكل الموارد المائية كبيرة جدا، وسيعاني ثلاثة أرباع سكانها من نقص المياه بحلول عام ٢٠٢٥، ومناطق أخرى من العالم ستكون في وضع حرج، مثل: الصين والهند وجنوب آسيا، والمكسيك، وأجزاء من روسيا [١٩]. إن استخدام المياه الجوفية سيصبح مدعاة أكثر للجدل كلما زاد الضغط على الموارد المائية في السنوات المقبلة، (انظر الجدول ٢ , ١ بلائحة للبلدان التي تستخدم المياه الجوفية لأكثر من ٩٠ ٪ من احتياجاتها من المياه).

مياه الشرب Drinking water

مياه الشرب هي الاستخدام الأساسي للمياه من قبل الإنسان، يمكن أن يبقى الإنسان على قيد الحياة لمدة تتراوح بين ثمانية إلى عشرة أيام دون طعام، ولكن لا يستطيع ان يبقى يومين من دون ماء، يجب أن تكون المياه صالحة للشرب لأن مياه الشرب رديئة الجودة يمكن أن تؤدي إلى الأمراض المعدية [٢٠]. مياه الشرب غير المأمونة هي المشكلة اليومية التي يواجهها ما يقرب من ملياري شخص في جميع أنحاء العالم، في أقل البلدان نمواً، ٨٠ ٪ من جميع الأمراض التي تصيب الإنسان لها علاقة بالمياه، مما تسبب في وفاة ٣,٣ مليون حالة سنوياً بسبب الأمراض الناجمة عن البكتيريا القولونية، السالمونيلا، والالتهابات البكتيرية المسببة للكوليرا، والطفيليات مثل الجيارديا والكريبتوسبوريديوم، بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٠٠، يفوق عدد الأطفال الذين توفوا من هذه الأنواع من الأمراض كل من قتل في النزاعات المسلحة منذ الحرب العالمية الثانية [٢١].

نقص إمدادات المياه العذبة في بعض المدن سريعة النمو مثل بانكوك، تايلند؛ دكا، بنغلاديش؛ جاكرتا، إندونيسيا، لاغوس، نيجيريا، مانيلا، الفلبين، ونيودلهي، الهند، إن الاستيلاء على المياه أصبح أمراً واضحاً على نطاق واسع. وفقا لصحيفة تايمز الهندية في نيودلهي، فإن مسؤولي المياه يضيقو الخناق على السكان الذين يثبتوت بصورة غير قانونية مضخات الماء لغسل سياراهم، أو حدائقهم [٢٢].

الجدول ١,٢ البلدان والأقاليم التي تعتمد على المياه الجوفية لأكثر من ٩٠ ٪ من مواردها المائية – ٢٠٠٢

الدولة	الإقليم
البحرين	جزر الخليج العربي
باربادوس	جزيرة بالمحيط الأطلنطي وشمال فينزويلا
مصر	أفريقيا
إسرائيل	الشرق الأوسط
الأردن	الشرق الأوسط
الكويت	الشرق الأوسط
ليبيا	أفريقيا

تابع الجدول ١,٢ .

الدولة	الإقليم
مالطا	جزر بالبحر الأبيض المتوسط
عمان	الشرق الأوسط
قطر	الشرق الأوسط
المملكة العربية السعودية	الشرق الأوسط
تركمنستان	الشرق الأوسط
الإمارات العربية	الشرق الأوسط
أوزباكستان	الشرق الأوسط
الضفة الغربية وقطاع غزة	الشرق الأوسط
اليمن	الشرق الأوسط

Source: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2002.

في أوائل عام ٢٠٠٥م، تم تذكير العالم بقوة بهشاشة إمدادات مياه الشرب المأمونة، بعد وقت قصير من ديسمبر ٢٠٠٤م دمرت أمواج التسونامي جنوب آسيا وأجزاء من أفريقيا والهند، وقد حذرت منظمة الصحة العالمية أن ما يصل إلى ١٥٠٠٠٠ شخص (من خمس ملايين شخص تضرروا من هذه الكارثة الطبيعية) كانوا في "خطر بالغ"، ويرجع ذلك أساساً إلى عدم كفاية الإمدادات من المياه الصالحة للشرب.

الزراعة **Agriculture**

الاستخدام الاساسي الثاني للمياه هو لإنتاج الغذاء، تؤدي المياه دوراً أساسياً في إنتاج الغذاء والملابس، ويمكن توفيرها بأنواع مختلفة، على سبيل المثال، بعض المناطق في العالم تسقط بها أمطار كافية، والري غير ضرورية، ومع ذلك، إذا لم يتوفر المطر عند الحاجة، فالري السبيل الوحيد لإنتاج المحصول، توقيت سقوط الأمطار هو الأكثر أهمية من كمية الأمطار السنوية، في المناخات الأكثر جفافاً تعتبر عمليات الري هي السبيل الوحيد لإنتاج المحاصيل الغذائية والألياف، مثل القمح والقطن والذرة (انظر الشكل ١٠, ١).



الشكل ١٫١٠ ري القطن بنظام الري المحوري.

(Photograph by Dean Pennington)

وفقا لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO) التابعة للأمم المتحدة، فإن الزراعة هي أكبر مستخدم لموارد المياه في جميع أنحاء العالم، حيث تمثل ما نسبته ٧٠ ٪ من جميع عمليات سحب المياه لكافة الأغراض، ويتبع ذلك الجانب الصناعي بنسبة ٢٠ ٪، والاستخدام المنزلي ١٠٪، تتراوح المتطلبات المائية لتلبية الاحتياجات الغذائية اليومية الإنسان بين ٢٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ لتر (٥٢٥-١٣٢٠ جالوناً)، احتياجات الإنسان الدنيا (مياه الشرب) صغيرة جدا وهي ٤ لترات (جالون واحد) في اليوم الواحد، وتقدر منظمة الاغذية والزراعة (FAO) أن الإنتاج الغذائي العالمي يجب أن يزيد بنسبة ٦٠ ٪ لإطعام سكان العالم في عام ٢٠٣٠ [٢٣].

تغير الأنظمة الغذائية أدى إلى زيادة الطلب على الإمدادات المائية العذبة في العالم، قد نحتاج إلى حوالي ١٣٦٠٠ طن متري (١٥٠٠ طن أمريكي) من المياه لإنتاج طن من لحم البقر، ولكن قد نحتاج فقط إلى ٩٠٠ طن متري (١٠٠٠ طن أمريكي) من المياه لإنتاج طن واحد من الحبوب، الوجبات الغذائية التي تعتمد على المزيد من لحم البقر ولحم الخنزير تفاقم ازمة إمدادات المياه العذبة في العالم.

الصين هي مثال جيد على تحديات المياه في المستقبل، يقطن في الصين حوالي ٢١ ٪ من سكان العالم، ولكن تملك ٧ في المائة فقط من المياه العذبة على كوكب الأرض، يهاجر الملايين من الصينيين من المجتمعات الريفية إلى المراكز الحضرية، مما يزيد الضغط على استهلاك المياه بالإضافة إلى اختيار الوجبات الغذائية الأكثر استخدام للمياه من لحوم البقر ولحم الخنزير، نقص مياه الري الاخير في شرق مقاطعة شاندونغ، التي تنتج الكثير من محصول الأرز في الصين، كان سببه زيادة استهلاك المياه من البلديات، أدت زيادة استخدام المياه في المدن إلى نقص المياه عن

المزارعين، يقدر أن ما يقارب ٩ ملايين شخص بالصين يعانون من نقص في الحبوب بسبب هذا التحول في استخدام المياه [٢٤].

الصرف الصحي Sanitation

غسل اليدين، والجسم، والأطباق، وأواني الطهي والملابس والأرضيات هي متطلبات أساسية أخرى للإنسان، على الصعيد العالمي، يفتقر ٢,٦ مليار شخص إلى مرافق الصرف الصحي الأساسية، وهذا يعني انه ليس لديهم حمامات، مياه جارية في المنزل، وغسالات الصحون، أو غسالات الملابس، وفي بعض الحالات لا يتم الاحتفاظ حتى بالبيوت، ومع ذلك، بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٠٢، زادت خدمات الصرف الصحي على المستوى العالمي من ٤٩ ٪ إلى ٥٨ ٪، وتعزى هذه الزيادة إلى حد كبير إلى الجهود العالمية لتحسين الصحة من خلال تحسين المرافق الصحية، في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، على سبيل المثال، يستخدم ٦٦ ٪ من مجموع السكان نظام الصرف الصحي، في آسيا تنخفض هذه النسبة بشكل كبير إلى ١٨ في المائة، وفي أفريقيا ١٣٪ فقط [٢٥]. ستناقش المياه والصرف الصحي بالتفصيل في الفصل الحادي عشر، ونستعرض كيف أن بعض شبكات الصرف الصحي القديمة كانت أكثر تقدما من أجزاء في عالمنا المعاصر.

استخدام المياه في الصناعة Industrial water use

الطلب على المياه للصناعة هو مكون أساسي من زيادة الطلب على موارد المياه العذبة، على سبيل المثال، يتطلب إنتاج ١ كيلو جرام واحد (٢,٢ رطل) من الورق ٣٠٠ لتر (٨٠ جالون) من الماء، ونحتاج إلى ٢١٥٠٠٠ لتر (٥٦٨٠٠ جالون) من الماء لإنتاج ١ طن متري واحد (١,١ طن الولايات المتحدة) من الفولاذ، الدول الصناعية الجديدة مثل الصين والهند والمكسيك سوف تستمر في زيادة استخدام المياه لأغراض صناعية للحاق بركب أكثر البلدان نموا، وفي الوقت نفسه، تواصل البلدان الأكثر تقدماً أيضا زيادة الطلب على الاستخدام الصناعي للمياه.

استخدام المياه للترفيه Recreation

نعلم أن الترفيه مهم جدا لصحة الإنسان ورفاهه، منذ العصور القديمة، تمدنا الشواطئ والبحيرات والأنهار والبرك بالنشاط البدني، والراحة، والاسترخاء، والمتعة، وممارسة الرياضة -كتزايد عمليات الترفيه والسياحة بشكل كبير في جميع أنحاء العالم، مع الاعتراف بأن السباحة واحدة من أكثر أشكال التمارين الرياضية

فائدة للإنسان، ومع ذلك، تتطلب ممارسة هذه الرياضة استخدام مياه عالية الجودة، يمكن أن تؤدي مياه الترفيه الملوثة فيزيائيا أوميكروبيا، الفيزيائية أو بالمخاطر الكيميائية إلى الاإصابة بالأمراض.

على سبيل المثال، أدى تنفيذ قانون المياه النظيفة بالولايات المتحدة إلى تحسن ملحوظ في جودة المياه بالبحيرات العظمى. إن السكان المحليين واعون تماما لهذا التقدم ويسعون لحماية المياه، قوبل الطلب الأخير للسماح لمعامل تكرير البترول الكندي لشركة BP لتوسيع مرافقها بولاية إنديانا، بالرفض من الاهالي حيث وقع عشرات الآلاف من الأفراد الأمريكية والكندية عرائض للاحتجاج على ذلك، لم تعترض الوكالة الأميركية لحماية البيئة (USEPA) على طلب توسيع معامل التكرير؛ لأن كمية الملوثات التي تصب في بحيرة ميشيغان اعتبرت غير ضارة لاستخدامات البحيرة - وقع مجالس المدن ورؤساء البلديات على قرار يعارض المشروع، وأكد المتظاهرون في الرسالة "لا تلوث لبحيرة ميشيغان". أسفرت هذه الموجة من الاحتجاجات العامة على موافقة شركة BP بعدم زيادة كمية الملوثات المضافة إلى بحيرة ميشيغان.

للحصول على معلومات إضافية انظر "المياه الترفيهية الصحية" بموقع منظمة الصحة العالمية (www.who.int/features/2003).

الطاقة المائية Hydropower

تولد الطاقة المائية الكهرباء باستخدام طاقة تساقط المياه لتدوير تربينات توليد الكهرباء الكبيرة، ويزداد الطلب على الطاقة في جميع أنحاء العالم باطراد، وخاصة على الكهرباء، وذلك بسبب التغيرات الديموغرافية، وتحسين مستويات المعيشة، والنمو الحضري والصناعي المتزايد، وارتفاع التوقعات الثقافية، حاليا، نحو ٢ مليار شخص لا يحصلون على الكهرباء، في حين يعتمد ٣ مليارات نسمة لأغراض الطهي على وقود الفحم والوقود الحيوي (الخشب، والسماد، والمحاصيل الجافة، والقمامة). بشكل مأساوي، في عام ٢٠٠٠، توفي أكثر من ٢ مليوني طفل بسبب الأمراض التنفسية الحادة، ويرتبط حوالي ٦٠ ٪ من هؤلاء بتلوث الهواء داخل المباني (من تهوية غير كافية أثناء الطبخ) والعوامل البيئية الأخرى [٢٦].

توفر الطاقة المائية حاليا ١٩ ٪ من الإنتاج العالمي الكلي للكهرباء، وتعتبر كندا أكبر منتج للطاقة الكهربية تليها الولايات المتحدة والبرازيل. لا تزال الطاقة المائية وفيرة وغير مستغلة في أمريكا اللاتينية، أفريقيا الوسطى، والهند، والصين، ومع ذلك فإن بناء السدود لمشاريع الطاقة المائية قد يتسبب في تشريد الملايين من البشر، وتدهور النظم البيئية (فقدان الأراضي الرطبة، ومأوى التنوع الأحيائي في الجداول المائية، والتغيرات في درجة حرارة المياه،

وترسب الطمي وراء سدود في الخزانات [٢٧]. وبالإضافة إلى ذلك، يستخدم الماء لتوليد الكهرباء في محطات الوقود الأحفوري، وتقدر كميات المياه من ٢٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ لتر (٥٠٠ حتي١٢٠٠ جالون) لكل ميجاوات في الساعة [٢٨]. تتطلب المحطات النووية كميات كبيرة من المياه للتبريد، إنتاج الطاقة بأقل كمية من المياه باستخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية البديلة لم تستغل استغلالا كاملا على المستوى التجاري (انظر الشكل ١١ ,١).

للحصول على معلومات إضافية انظر "المياه الترفيهية الصحية" بموقع منظمة الصحة العالمية
(www.who.int/features/2003).



الشكل ١,١١ طواحين الهواء الحديثة مصدراً هاما للطاقة في المستقبل.
(Photograph by Karrie Pennington)

المياه الافتراضية Virtual water

يستخدم الاقتصاديون مصطلح المياه الافتراضية لتمثيل كمية المياه اللازمة لإنتاج الغذاء والطاقة، أو المنتجات الأخرى القابلة للتداول، عندما يتم تصدير هذه المواد إلى جميع أنحاء العالم، فإنه يتم تصدير إمدادات المياه من منطقة، أو بلد "التداول الافتراضي" إلى المستهلك في منطقة أخرى، قد تتطلب القهوة المستهلكة في أوروبا حوالي ٢٠٠٠٠ لتر (٥٣٠٠ جالون) لإنتاج ١ كيلو غرام واحد (٢,٢ رطل) من القهوة في كولومبيا، أو بيرو، بينما

يتطلب تي شيرت من القطن حوالي ٧٠٠٠ لتر (١٨٥٠ جالوناً) من مياه الري المزروعة في ولاية مسيسيبي، أو الصين، ولكن يتم بيعها ولبسها في لندن، ومن المثير للاهتمام، إسرائيل هي دولة تعاني من ندرة المياه، لا تشجع على تصدير المياه الافتراضية عن طريق الحد من تجارة البرتقال (وهو محصول يستخدم كمية كبيرة من مياه الري) إلى بلدان أخرى، من ناحية أخرى، اليابان، والصين تستورد كميات هائلة من الطعام، وهما من أكبر المستهلكين من المياه الافتراضية من البلدان المصدرة. الوجبات الغذائية العالية باللحوم هي المسؤولة عن نقل كميات كبيرة من المياه الافتراضية.

يتم تعريف الكتلة الحيوية والمواد العضوية غير الأحفورية، مثل النباتات والحيوانات، والمواد التي تنتجها، مثل الخشب وروث الحيوانات.

فكر في الأتي Think about it

يمكن أن تكون تجارة السلع بين المناطق والبلدان حافزا للتعاون، أو يمكن أن تؤدي إلى التبعية والصراع المحتمل، وجد مفهوم المياه الافتراضية حوار جديد بين السياسيين والباحثين عن تأثيرات قضايا إمدادات المياه بين الدول، هل يمكن أن تحل المياه محل النفط كمركز للصراع الدولي في القرن الحادي والعشرين؟

جودة المياه Water quality

الضغوط على الموازنة المائية العالمية نشأ عنها مزيد من نقص المياه، هذا النقص يمكن أن يؤدي لزيادة تركيز الملوثات في الجداول المائية والبحيرات التي هي في مستويات منخفضة اساسا - كيف يمكن الحد من التركيز المرتفع للملوثات في المياه؟ أحد الأساليب التي يمكن أن تتبع هي تخفيف التركيز مع إضافة إمدادات المياه العذبة الشحيحة، والأسلوب الثاني هو إضافة المعالجة الكيميائية (التي غالبا ما تكون غير متوفرة في المناطق الأقل نموا في العالم)، يمكن أن يقلل الجفاف وزيادة الطلب على مياه الري بشدة تدفقات الأنهار، ويمكن ملاحظة نتيجة ذلك على ضفاف نهر هوانغ، ويسمى (النهر الأصفر) بالصين، ونهر كولورادو في المكسيك والولايات المتحدة، وبالتالي فإن الاستخدام المفرط من هذين النهرين أدى إلى تكون بعض المناطق الجافة في مجرى النهرين، يحدث هذا بالقرب من بحر بوهاي في الصين وخليج كاليفورنيا (بحر كورتيز) في المكسيك، أكثر وأكثر، تمارس إدارة المياه بما يسمى "لعبة محصلتها صفر"، حيث تقوم السلطات بتوفير المياه لقطاع معين عن طريق أخذه من قطاع آخر.

النمو السكاني العالمي وزيادة السكان Global Population Growth and Human Proliferation

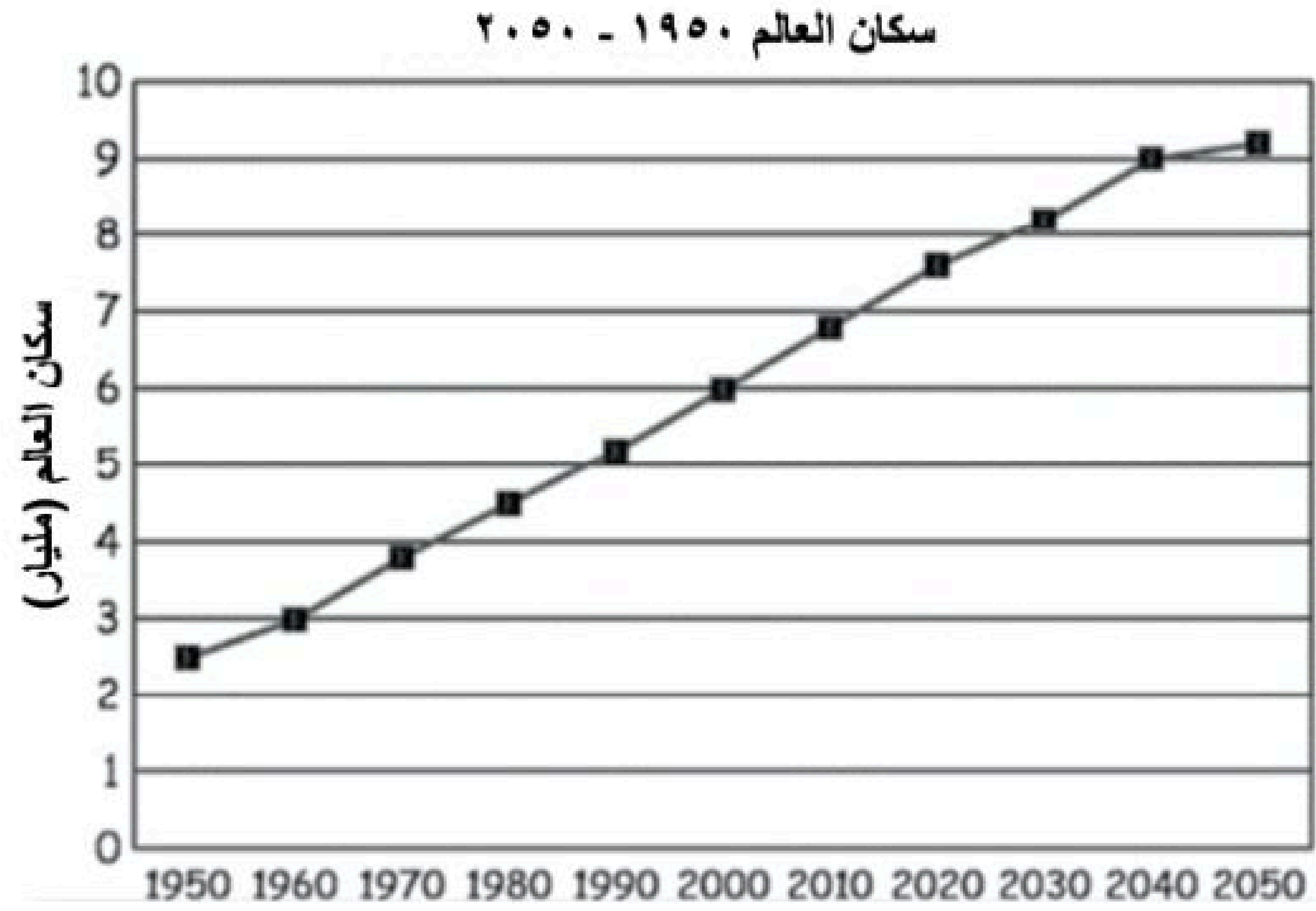
منذ آلاف السنين، عاش أجدادنا البعيدون حياة غير مستقرة ومتنقلة بعضهم يعمل بالصيد، أو التحطيب، أو التجميع. قبل ٥٠٠٠ قبل الميلاد كان متوسط عمر الإنسان قصيراً، وعدد السكان بالكرة الأرضية يقل عن ١٠ ملايين، يتم استغلال الموارد الطبيعية على المستوى المحلي، حيث إذا تم استنفاد مصادر المياه والغذاء من منطقة معينة، انتقلت المجموعات الإنسانية إلى مناطق أخرى حتى لا يلقوا حتفهم.

زاد عدد سكان العالم خلال الثورة الصناعية التي بدأت في أواخر القرن السابع عشر بسبب تحسين الظروف المعيشية واستخدام النفط، قبل استخدام وقود الفحم والنفط والغاز الطبيعي من عامة الناس – كان عدد السكان لا يتجاوز ملياراً واحداً على الأرض (انظر الجدول ٣، ١). كما يوضح الجدول فقد وصل سكان العالم إلى مليار واحد في عام ١٨٠٤، وفي غضون ١٢٣ سنة، أي في عام ١٩٢٧ وصل السكان إلى ملياري نسمة، استغرق الأمر لوصول سكان الأرض إلى مليار واحد من بداية تاريخ البشرية حتى ١٨٠٤، ولكن استغرق ١٢٣ سنة فقط لمضاعفة هذا العدد، أدى هذا الانتشار وزيادة السكان إلى الزحام الشديد في المدن الأوروبية، ثم الضغوط الاجتماعية الشديدة خلال أواخر القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشرة، غادر الأوروبيون بأعداد كبيرة جداً أوطانهم للاستيطان في مناطق أقل ازدحاماً مثل الأمريكيتين، وأستراليا، ونيوزيلندا، ومناطق أخرى من العالم.

الجدول ٣، ١ النمو السكاني العالمي، ٠–٢٠٤٢ (CEO-2042)

التاريخ	السكان	عدد السنوات
صفر	٣٠٠٠٠٠	
١٠٠٠	٣، ١٠ مليون	١٠٠٠
١٨٠٤	١ مليار	٨٠٤
١٩٢٧	مليارات	١٢٣
١٩٥٩	٣ مليارات	٣٢
١٩٧٤	٤ مليارات	١٥
١٩٨٧	٥ مليارات	١٣
١٩٩٩	٦ مليارات	١٢
٢٠٤٢	٩ مليارات	٤٣

اختراع المضادات الحيوية وغيرها من الأدوية التي أدت إلى تحسين الخدمات الصحية زادت من متوسط عمر الإنسان، وبحلول عام ١٩٥٩، وصل عدد سكان العالم إلى عتبة ٣ مليارات نسمة نتيجة التقدم في مجال الطب، والزراعة، وانتشار المرافق الصحية في الدول الأقل تطوراً، من أواخر ١٩٦٠ بلغ معدل النمو السكاني في العالم ذروته على الإطلاق حيث بلغ ٢ ٪سنويا (انظر الشكل ١٢, ١) [٢٩].



الشكل ١,١٢ النمو السكاني العالمي من ١٩٥٠ والمتوقع حتى ٢٠٥٠.

(Data from US Census Bureau, International Data Base, August 2006 version)

استغرق الأمر ١٥ عاماً فقط لإضافة مليار آخر من البشر على كوكب الأرض للوصول إلى ٤ مليارات في عام ١٩٧٤. حدت معدلات النمو إلى حد ما عن طريق استخدامات موانع الحمل الجديدة وتحديد النسل وارتفاع سن الزواج، ولكن بعد ما حصل الانفجار السكاني الحقيقي، كانت العديد من الدول الأقل نمواً هي السبب الرئيسي في زيادة عدد السكان الواسعة النطاق، ولقد استغرق الأمر ١٣ سنة فقط لوصول عدد السكان بالكرة الأرضية إلى نحو ٥ مليار نسمة في عام ١٩٨٧.

وتم الوصول إلى عتبة ٦ مليارات نسمة عدد سكان العالم في ١٢ عاماً فقط في عام ١٩٩٩، وقد تضاعف عدد السكان من ٣ إلى ٦ مليارات نسمة في ٤٠ عاما فقط، حدثت هذه الزيادة الهائلة في أقل من متوسط عمر الإنسان، لقد تمت إضافة ما يقارب ٧٥ مليون شخص إضافي كل عام، وهو رقم يساوي ما يقرب من ٢٥ ٪ من سكان الولايات المتحدة بأكملها، في الوقت الحالي أوروبا وأفريقيا يوجد بهما ١٢٪ من سكان العالم الإجمالي، مع ٩ في المائة في أمريكا اللاتينية، و٥٪ في أمريكا الشمالية، وحوالي ٦٠٪ في آسيا (نسبة مساوية لهذا الكوكب بأكمله في ١٨٠٠)، بحلول عام ٢٠٤٢، من المتوقع ان يصل سكان العالم إلى ٩ مليارات نسمة، والنمو المتوقع سيحدث في

الدول الأقل نموا، هذه بنسبة ٥٠ ٪ من المتوقع أن تتطلب ٤٣ سنة فقط وضع مذهل ومثيرة للقلق (انظر الجدول ٤ , ١) [٣٠].

الجدول ٤ , ١ الإحصاءات العالمية الحيوية بوحدة الزمن لعام ٢٠٠٦

وحدة الزمن	المواليد	الوفيات	الزيادة السكانية
سنة	١٣٢٤٣٤٥٨٧	٥٥٢٢٠١٥٢	٧٧٢١٤٤٣٥
شهر	١١,٣٦٢١٦	٤٦٠١٦٧٩	٦٤٣٤٥٣٦
يوم	٣٦٢٨٣٤	١٥١٨٨	٢١١٥٤٦
ساعة	١٥١١٨	٦٣٠٤	٨٨١٤
دقيقة	٢٥٢	١٠٥	١٤٧
ثانية	٤,٢	١,٨	٢,٤

أنماط الاستقرار Settlement patterns

من المهم أن نفهم العلاقة بين البشر والبيئة عند النظر في توزيع وخصائص الاستقرار البشري في الوقت الحاضر، يميل الناس للعيش حيث التضاريس والنظم البيئية والمناخ، والموارد الطبيعية، والتنمية الاقتصادية وكل هذه تسمح لهم بالعمل، وتكوين الأسر، وتجربة حياة منتجة، تتأثر معدلات النمو السكاني بشكل عام على التعليم، والدين، والتنمية الاقتصادية، والتحضر، وتتأثر معدلات الوفيات مباشرة بالرعاية الطبية والغذاء والمأوى وإمدادات مياه الشرب المأمونة، والعمر والجنس للسكان المحليين.

المدن الكبرى Megacities

تواجد المدن الكبرى وعلى نحو متزايد في المناطق الأقل نمواً في العالم، وهي مدن واسعة، ذات كثافة سكانية عالية ومراكز حضرية يبلغ عدد سكانها ١٠ ملايين أو أكثر، على الصعيد العالمي، من المتوقع أن يصل عدد المدن الكبرى إلى نحو ٢٧ مدينة بحلول عام ٢٠٢٠، مع وقوع معظمها في أقل البلدان نموا (انظر الجدول ٥ , ١) [٣١]. من المهم ملاحظة أن المدن الكبرى، والزحف العمراني، يمكن أن يتسببا في إيجاد قضايا بيئية مرتبطة بزيادة المخاطر من الفيضانات، وزيادة تلوث إمدادات المياه السطحية والمياه الجوفية، ونضوب الموارد، والازدحام الشديد، وسوء جودة الهواء، والتدهور البيئي العام.

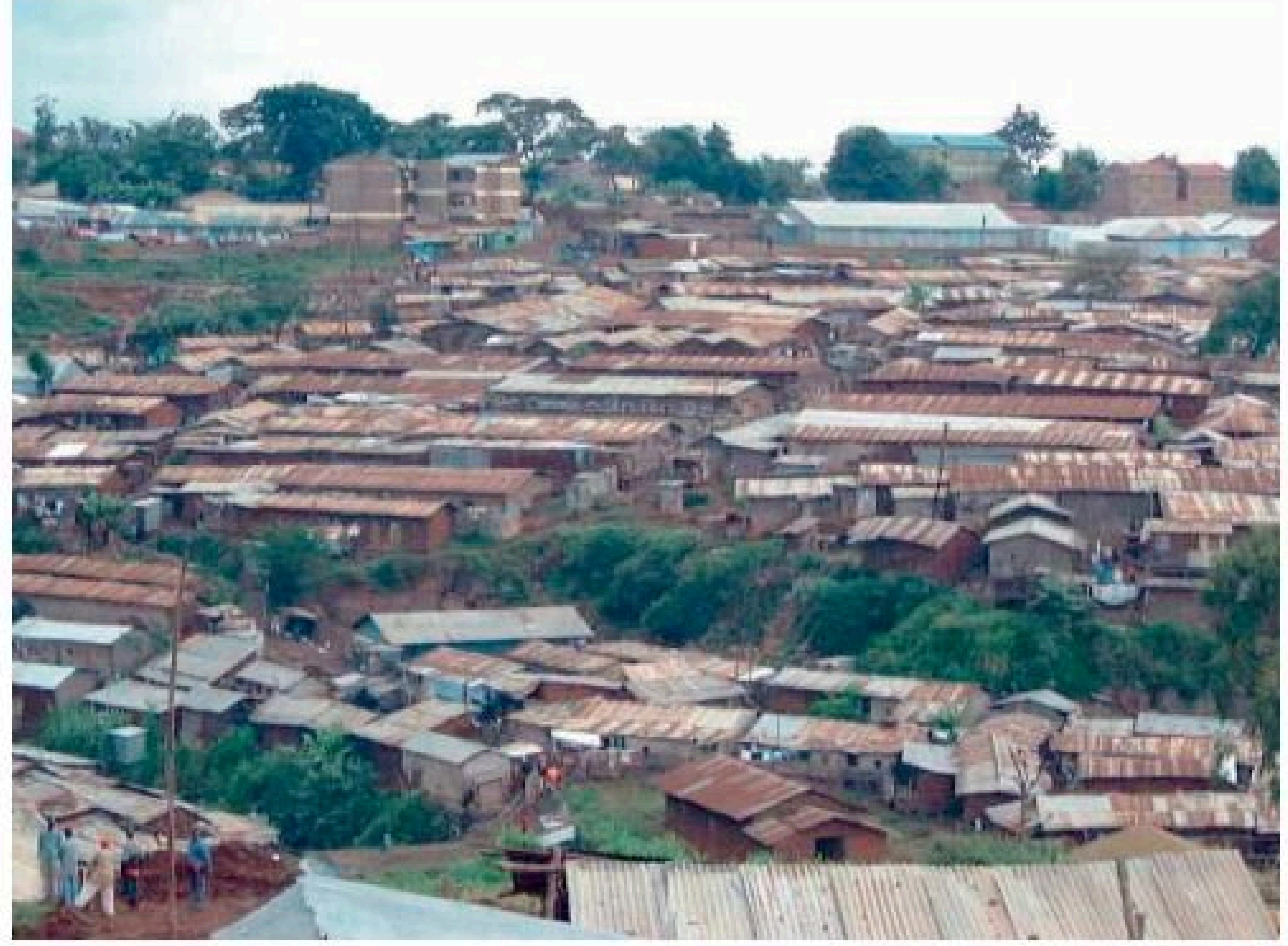
بحلول عام ٢٠٣٠، سيعيش أكثر من ٦٠٪ من سكان العالم (ما يقرب من ٥ مليارات نسمة) في المناطق الحضرية، واليوم فإن الرقم يقترب من ٥٠٪، ولكن كان أقل من ١٥٪ في عام ١٩٠٠، في عام ٢٠٠٠، عاش

٩٠٠٠٠٠ من سكان المدن في الأحياء الفقيرة [٣٢]. في عام ٢٠٠٦، عاش ثلث سكان الحضر في العالم في الأحياء الفقيرة، ويقدر ذلك بمليار شخص، يعيش ثلثا السكان في المناطق الحضرية من سكان جنوب الصحراء الكبرى في أفريقيا في الأحياء الفقيرة. تتوقع الأمم المتحدة أن سكان الأحياء الفقيرة في العالم يقترب من ١,٤ مليون نسمة دون تغيير كبير (انظر الشكل ١٣, ١) [٣٣].

الجدول ١,٥ سكان المدن العشر الأكبر في العالم، ٢٠٠٥-٢٠١٥ (المتوقع)

مدن عملاقة	الدولة	التجمعات السكانية (٢٠٠٥)	التجمعات السكانية (٢٠١٥)
طوكيو	اليابان	٣٥١٩٧٠٠٠	٣٤٤٩٤٠٠٠
مدينة مكسيكو	المكسيك	١٩٤١١٠٠٠	٢١٥٦٨٠٠٠
مدينة نيويورك	الولايات المتحدة	١٨٧١٨٠٠٠	١٩٨٧٦٠٠٠
ساوباولو	البرازيل	١٨٣٣٣٠٠٠	٢٠٥٣٥٠٠٠
بومباي	الهند	١٨١٩٦٠٠٠	٢١٨٦٩٠٠٠
دلهي	الهند	١٥٠٤٨٠٠٠	١٨٦٠٤٠٠٠
شانغهاي	الصين	١٤٥٠٣٠٠٠	١٧٢٢٥٠٠٠
كالكوتا	الهند	١٤٢٧٧٠٠٠	١٦٩٨٠٠٠٠
داكا	بنجلاديش	١٢٤٣٠٠٠٠	١٦٨٤٢٠٠٠
لوس أنجلس	الولايات المتحدة	١٢٢٩٨٠٠٠	١٣٠٩٥٠٠٠

Source: United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision Population Database, http://esa.un.org/unup/p2k0data.asp, January 2007



الشكل ١,١٣ منازل حي كيبيرا الفقير في نيروبي، كينيا. هذه ليست منازل مؤقتة. يمكن للناس أن يقضوا حياتهم بأكملها في فقر.
(Photograph by Blazej Mikula.)

أوروبا Europe

أوروبا هي واحدة من مناطق العالم الأكثر ازدحاما بالسكان ومن المناطق المتقدمة، وهي موطن لنحو ٧٣٠ مليون نسمة، ويمثل ذلك حوالي ١١٪ من سكان العالم، الجوانب المثيرة للاهتمام في الخصائص السكانية الأوروبية أن ١٩ من ٢٠ أقدم بلداً في العالم، من حيث متوسط عمر المواطنين، تقع في أوروبا، معدلات النمو السكاني متوقع أن تنخفض، وبحلول عام ٢٠٥٠ يمكن أن يتقلص السكان بحوالي ٧٥ مليون نسمة [٣٤].

أمريكا الشمالية North America

يبلغ عدد سكان أمريكا الشمالية نحو ٤٥٠ مليون نسمة منها ١٠٧ ملايين في المكسيك، و٣٣ مليوناً في كندا، و٣٠٠ مليون في الولايات المتحدة، من المتوقع أن ينمو عدد سكان الولايات المتحدة من ٣٠٠ مليون إلى نحو ٤٢٠ مليون نسمة بحلول عام ٢٠٥٠، وخلال الفترة نفسها، من المتوقع أن يصل سكان المكسيك إلى ١٥٠ مليون نسمة، ويتوقع لكندا أن تصل إلى٤٠ مليون نسمة، النسبة الكبيرة من الزيادة في سكان الولايات المتحدة سببها المهاجرين من المكسيك وغيرها من بلدان أمريكا اللاتينية، في الوقت الحاضر، يصل نحو مليون مهاجر إلى الولايات المتحدة سنويا، أكثر من أي بلد آخر، تتوقع كندا أيضا تدفق المهاجرين اليها، وخاصة من آسيا والهند، التدفق السنوي للمهاجرين إلى كندا حوالي ١٪ من مجموع سكانها، أو ما يقرب من ٣٠٠,٠٠٠ نسمة [٣٥].

أمريكا الجنوبية ومنطقة البحر الكاريبي South America and the Caribbean

يبلغ عدد سكان أمريكا الجنوبية نحو ٤٠٠ مليون نسمة، حوالي ٦٪ من الإجمالي العالمي، ولكنها تحتوي على حوالي ٢٦٪ من موارد المياه العذبة غير المجمدة في العالم، أوجدت المراكز السكانية الكثيفة، والمرتبطة بعدم توفر أنظمة الصرف الصحي مشاكل كبيرة في إمدادات المياه. يبلغ عدد سكان أمريكا الوسطى ٣٥ مليوناً، ولكن يحظى فقط ٤٢٪ من سكان الريف، و٨٧٪ من سكان الحضر بمياه الشرب، جزر الكاريبي بها مدى واسع من الكثافة السكانية والظروف الاقتصادية، ويعتبر تلوث المياه مشكلة خطيرة في العديد من هذه الجزر [٣٦].

أفريقيا Africa

ينمو عدد سكان أفريقيا نمواً سريعاً وقد وصل لأكثر من ٧٠٠ مليون نسمة يعيش العديد منهم في أقل البلدان تطورا، مشاكل المياه صعبة في أجزاء كثيرة من القارة، وتشير التقديرات إلى تأثر ٣٠٠ مليون شخص (ما يقرب من نصف سكان القارة) من نقص المياه، ومن المتوقع انخفاض معدلات النمو السكاني ، للوفيات الناجمة عن وباء فيروس نقص المناعة المكتسبة (الإيدز)، في عام ٢٠١٠، في بعض البلدان الأفريقية، كان متوسط عمر الإنسان المتوقع ٣٠ عاماً فقط بسبب المرض [٣٧].

في أفريقيا، دمر فيروس نقص المناعة المكتسبة/الإيدز كثيراً من السكان. بحلول عام ٢٠٠٦، أصيب ٤٠ مليون شخص في جميع أنحاء العالم بالمرض، مع ٦٠٪ من تلك الإصابات حدثت في القارة الأفريقية.

فكر في الآتي Think about it

لا يمكن للأمراض المرتبطة بالمياه أن تضيف إلى المعدلات العالية للوفيات من الرضع والأمهات في أقل البلدان نمواً؟ هل من الممكن حل المشاكل المتعلقة بالمياه والصحة في هذه البلدان؟ ماذا يعمل المرء للبدء في إيجاد الحلول؟

الآتي التوسع في المراكز الحضرية مشاكل شديدة في مياه الشرب وقضايا التخلص من المياه العادمة في جميع أنحاء القارة، ويعيش ما يقرب من ٢٠٠ مليون من شعبها في الأحياء الفقيرة بالمدن، و يفتقر حوالي ٤٥٪ من سكان المناطق الحضرية في جنوب الصحراء الكبرى بأفريقيا إلى مرافق مياه الصرف الصحي المحسنة، من المتوقع أن يصل سكان الحضر بأفريقيا إلى ٧٤٨ مليون نسمة بحلول عام ٢٠٣٠ [٣٨].

الدول العربية Arab States

تصنف أكثر من ٨٥٪ من مساحة الأراضي بالدول العربية بأنها أراضٍ جافة (الأمطار السنوية أقل من ٢٥ سنتيمتراً أو ١٠ بوصات). لقد تمت السيطرة على الأنشطة البشرية، والمستوطنات، والنمو الاقتصادي على مدى قرون بمحدودية إمدادات المياه بهذه المنطقة، منطقة الدول العربية هي موطن لما يقارب ٣٢٠ مليون نسمة يعيشون في ٢٢ بلداً من المغرب والجزائر في الغرب وحتى اليمن وعمان في الشرق.

ارتفعت معدلات العمر في العقود القليلة الماضية في معظم أنحاء المنطقة، يرجع جزء من هذه الزيادة إلى مياه الشرب وشبكات الصرف الصحي المحسنة، يتم توفير المياه الصالحة للشرب الآن إلى أكثر من ٨٠٪ من السكان في المنطقة، ومع ذلك، يعيش ما يقارب ٢٥٪ من السكان على أقل من ٢ دولارين أمريكيين أمريكي في اليوم الواحد، تحتل المنطقة أعلى معدلات النمو السكاني في العالم حوالي ٢٪ مقارنة مع أقل البلدان نموا وبمعدل نمو ٤,١٪. على الرغم من انخفاض معدل النمو السكاني بالمنطقة، إلا أن أغلب سكانها من فئة الشباب مما قد يتسبب في زيادة النمو السكاني في السنوات المقبلة (حوالي ٣٤٪ من السكان دون سن ١٥).

التصحر هو العملية الناجمة عن الإفراط في الرعي التحطيب للوقود الذي يحول الأراضي المنتجة في الصحراء إلى اراضي غير منتجة. حدث التصحر بشكل رئيسي في المناطق شبه الجافة والجافة (الأمطار السنوية في المتوسط أقل من ٦٠ سم أو ١٥ بوصة) على الحدود مع الصحراء. في المناطق شبه الجافة جنوب الصحراء الكبرى في أفريقيا، التي تسمى منطقة الساحل، انتقلت الصحراء جنوبا مسافة ١٠٠ كيلومتر (٦٠ ميلاً) بين عامي ١٩٥٠ عام ١٩٧٥.

سوف يعيش ما يقارب ٣٧٢ مليون شخص في المنطقة بحلول عام ٢٠٢٠، مقارنة بـــ ٣٢٠ مليون في عام ٢٠٠٦ و١٥٠ مليون فقط في عام ١٩٨٠، لا تزال ندرة المياه والأراضي الصالحة للزراعة هما المشكلتان الرئيسيتان للموارد بالمنطقة، مساحة الأراضي المزروعة للفرد ستستمر في الانخفاض بسبب النمو السكاني والتصحر [٣٩].

آسيا والمحيط الهادئ Asia and the Pacific

البلدان الواسعة والمتنوعة ثقافياً في آسيا وجزر المحيط الهادئ هي موطن لنحو ٣,٥ مليار شخص وتمثل٦٠٪ من سكان العالم، ويشمل ذلك الدول سريعة التطور صناعياً مثل الصين (أكثر من ١,٣ مليار نسمة) والهند (١,١ مليار دولار). أغلب سكان المنطقة من فئة الشباب. يعيش أكثر من نصف سكان العالم من الشباب الذين تتراوح أعمارهم بين ١٠ و٢٤ سنة في آسيا ومنطقة المحيط الهادئ، حيث أدى التحضر والتوسع السريع في العديد من المناطق إلى الهجرة إليها، حيث ينتقل ٤٠ مليون شخص إلى المناطق الحضرية سنويا، في كثير من

الأحيان، يعيش العديد منهم في الأحياء الفقيرة وفي ظروف سكن غير لائقة لا تتوفر فيها مياه الشرب المأمونة، أو الصرف الصحي الملائم، بحلول عام ٢٠٢٠، ١٨ من أصل ٢٧ مدينة كبرى (المدن ذات عدد سكاني يزيد على ١٠ ملايين شخص، نوقشت في وقت سابق) سوف تكون في آسيا، وسيعيش أكثر من نصف هؤلاء السكان في الأحياء الفقيرة والمستوطنات غير الكافية الأخرى. ازدحام الإنسان الشديد جعل الملايين من البشر عرضة للكوارث الطبيعية، والأمراض، وغيرها من المشاكل التي تفاقمت بسبب الازدحام [٤٠].

أستراليا هي أصغر قارة، ولكن يبلغ عدد سكانها نحو ٢٠ مليون نسمة، نيوزيلندا، جارتها إلى الشرق، والجزر الأخرى في المنطقة بها حوالي ١٠ ملايين شخص، وتعتبر أستراليا القارة الأكثر جفافاً، مع معدل التساقط السنوي من ٢٠-٣٠ سم (٨-١٢ بوصة)، في حين سجل التساقط في نيوزيلندا أكثر من ٥٠٠ سم (٢٠٠ بوصة) في السنة على الساحل الغربي من الجزيرة الجنوبية.

تم إنشاء شراكة فريدة من نوعها لإدارة المياه في أستراليا بين المجلس البلدي لمدينة واجا وجامعة تشارلز ستورت. تعرف المدينة باسم المدينة الذكية العالمية للمياه، والمشروع هو خطة عمل لمدة عشر سنوات على إنشاء نموذج دولي لاستخدام المياه الذكي في البيئة الحضرية. جامعة تشارلز ستارت (٣٦٠٠٠ طالب) لديها خمسة فروع منتشرة في ولاية نيو ساوث ويلز، على طول حوض نهر Murrumbidgee في جنوب شرق أستراليا. تشمل مجالات المشروع: إعادة استخدام النفايات السائلة، وإدارة الملوحة، ومهرجانات المياه والندوات الدولية والمعارض والأنشطة التعليمية الأخرى. للحصول على معلومات إضافية يمكن الذهاب إلى موقع جامعة تشارلز ستورت.

(http://news.csu.edu.au/director/latestnews)

قدرة الأرض على حمل البشر The Earth's carrying capacity for humans

معدل النمو السكاني في العالم هو مدهش حقاً، ولكنه ينذر بالخطر، كل ساعة تمر هناك أكثر من ١٥٠٠٠ ولادة تحدث في جميع أنحاء العالم، أو نحو أربع ولادات في الثانية [٤١]. حوالي نصف السكان نحو ٣ مليارات شخص يعيشون في فقر، ويعانون ٢٠٪ منهم نقص شديد في التغذية، ويعيش الباقون في مستوى جيد نسبيا من العيش، والصحة، مع إمدادات وفيرة من مياه الشرب المأمونة ومرافق الصرف الصحي الملائمة، معدلات المواليد أعلى في الدول الأقل نموا في العالم، على الصعيد العالمي، انخفضت معدلات المواليد واختار كثير من الأزواج تكوين أسر صغيرة، وترتبط الجدوى الاقتصادية للمنطقة بمعدلات النمو السكاني.

التحضر هو الاتجاه الاجتماعي والاقتصادي السائد خلال القرن العشرين، في عام ١٩٠٠، يعيش ١٥٠ مليون شخص فقط في المدن في جميع أنحاء العالم، بحلول عام ٢٠٠٠، ارتفع هذا الرقم إلى ٢,٩ مليار شخص بزيادة قدرها نحو ٢٠ مرة، في عام ١٩٠٠، لم يكن هناك سوى عدد قليل من المدن التي يبلغ عدد سكانها ما يزيد على مليون نسمة، اليوم هناك ٤٤٢ مدينة يتجاوز عدد سكانها هذا الرقم، توجد ٣٢٧ (٧٤٪) من هذه المدن في أقل البلدان نموا، يوجد بالصين وحدها ١٦٠ مدينة يفوق عدد سكان كل مدينة عن مليون نسمة، من بين ٢١ من المدن الكبرى، التي يزيد عدد سكانها عن ١٠ ملايين أو أكثر، تقع ١٦ منها (٧٦٪) أيضا في أقل البلدان نموا، سكان طوكيو ٣٥ مليون نسمة هذه الكتلة البشرية هي أكثر من مجموع سكان كندا، مكسيكو سيتي بها ١٩ مليون نسمة تقريبا متساوون في عدد سكان أستراليا.

تقول المؤسسة الخيرية المستقلة المسماة "حافظ على الأطفال" ومقرها الولايات المتحدة إن دولة ليبريا الأفريقية تملك أسوأ معدل وفيات للرضع في العالم حيث يموت ٦٥ من بين ١٠٠٠ طفل [٤٢]. وتأتي أفغانستان في المرتبة الثانية (٦٠ من أصل ١٠٠٠طفل)، ثم العراق، وسيراليون، وباكستان. تملك الدول الإسكندنافية أفضل معدلات البقاء على قيد الحياة.

فكر في الآتي Think about it

في عام ٢٠٠٧ سيعيش أكثر من نصف سكان العالم في المناطق الحضرية وهي الأولى من نوعها في الجنس البشري. كيف سيؤثر ذلك على التغيير في الطلب على إمدادات المياه والتأثيرات البيئية المرتبطة بها؟

يتطلب سكان الحضر وجود تجمعات كبيرة من الغذاء والماء، هذه الكميات تقدم تاريخيا من المناطق الريفية المحيطة بها، اليوم يجب أن تعتمد بعض المدن على موارد المياه من مسافات بعيدة، لوس أنجلوس، على سبيل المثال، تحصل على مياهها من نهر كولورادو من مسافة أكثر من ٣٢٠ كيلومتراً (٢٠٠ ميل) إلى الشرق، مدينة مكسيكو تستخدم مضخات المياه من مسافات أكثر من ١٥٠ كيلومتراً (٩٠ ميلاً)، ومن ثم رفعه بعد ذلك إلى كيلو متر واحد (٠,٥ ميل) إلى الارتفاع البالغ ٢١٠٠ متر (٧٠٠ قدم) للمدينة. بكين تخطط لنقل المياه من نهر اليانغتسي على بعد ١٥٠٠ كيلو (٩٠٠ ميل).

يتم نقل المواد الغذائية أيضاً لمسافات بعيدة إلى المراكز الحضرية، طوكيو مثال جيد على ذلك، إذ لا يزال السكان في طوكيو يستهلكون الأرز المزروع من قبل المزارعين اليابانيين، ولكن يستفيدون أيضاً من القمح المستورد من منطقة السهول الكبرى في كندا والولايات المتحدة، وأستراليا. يتم شحن إمدادات الذرة بالنسبة للمستهلك الياباني في المقام الأول من الوسط الغربي بالولايات المتحدة. يأتي فول الصويا من الولايات المتحدة والبرازيل. المياه الافتراضية من كندا، وأستراليا، والبرازيل، والولايات المتحدة تشق طريقها بكميات كبيرة إلى اليابان [٤٣].

تشير زيادة الطلب على الماء والغذاء في دول مثل الهند والصين والولايات المتحدة إلى القلق المتزايد بشأن قدرة الأرض على توفير ذلك، يشجع النمو السكاني المزارعين والصيادين لزيادة الإنتاجية، وغالباً ما يكون على حساب النظم البيئية الهشة، في بعض الحالات، أدت هذه الاحتياجات الإنسانية المتزايدة إلى تحسين التقنيات، مثل الري بالتنقيط، وأصناف البذور المحسنة، أو تقنيات الحصاد الحديثة لتلبية الطلبات المتزايدة، في حالات أخرى، عانت البيئة بشكل رهيب بسبب التأثيرات البشرية المتزايدة من جهود إنتاج الأغذية.

فكر في الآتي Think about it

غالبا ما يرمز لقدرة الأرض على الإمداد بالغذاء من علماء البيئة بالرمز K ، وهنا يبرز سؤال حيوي، هل من الممكن للبشر الوصول لهذه القدرة أو تجاوزها في منطقة أو على المستوى العالمي؟ وهل ندرة الماء والغذاء كارثة تلوح في الأفق بالنسبة للبشرية؟ وهل نحن نواجه أزمة وشيكة في المياه عالميا؟

في نهاية المطاف، ستكون موارد الأرض وخاصة إمدادات المياه النظيفة غير كافية لتوفير احتياجات السكان المتزايدة، تدهور المأوى، وتلوث الموارد المائية، وعدم كفاية إمدادات المائية كل ذلك سيحد من أعداد البشر في نهاية المطاف، ويمكن التوصل إلى القدرة الاستيعابية لمنطقة، أو لأمة، أو الكرة الأرضية بسبب عدم كفاية الموارد المائية (أو غير الصالحة للاستعمال).

يقدم كتاب جويل كوهين، المعنون "كم من الناس يمكن أن تدعم الأرض"؟ نقاشاً ممتازاً بمنهجيات مختلفة لتقدير القدرة الاستيعابية للأرض بالبشر، سواء في الماضي والحاضر [٤٤]. يقول كوهين إن الإجماع العلمي قليل على هذا الموضوع، ولكن عموما تعتبر المواد الغذائية والمياه قيوداً على النمو السكاني في نهاية المطاف.

فكر في الآتي Think about it

برايان سكينر، وهو عالم جيولوجي في جامعة ييل، ذكر الآتي [٤٥]: " توفر المياه يحدد قدرة الاستيعابية النهائية للإقليم الجغرافي بالبشر، أكثر من أي عامل آخر". هل المنافسة على إمدادات كافية من المياه تؤدي في النهاية إلى الحرب التي بدورها يمكن أن تقلل من عدد السكان، وما هو الأمر الذي يؤدي بالحد من الطلب على المياه؟ يجب أن تكون قدرة الإنسان للاستجابة لنقص الماء أفضل من الحيوانات.

ألقِ نظرة على مدار الساعة لسكان العالم على موقع مكتب الإحصاء الأميركي (www.census.gov).

قانون الحد الأدنى وقانون التحمل The Law of the Minimum and the Law of Tolerance

الكائن الحي ليس الأقوى من أضعف حلقة في سلسلته البيئية، عُبِّرَ عن هذا المفهوم لأول مرة من قبل جوستوس فون ليبج في عام ١٨٤٠، وغالبا ما يشار إليه باسم "قانون الحد الأدنى" أو "قانون ليبج"، يتم تحديد قدرة النبات للبقاء على قيد الحياة في النظام البيئي من خلال قدرته على البقاء والتكاثر. زيادة أو نقص كل من الضوء والمياه والتغذية، أو درجة الحرارة من العوامل التي تحد من نمو النبات والبقاء على قيد الحياة.

خير مثال على قانون ليبج يمكن ملاحظته في غرب نهر المسيسيبي على طول السهول العظمى في أمريكا، حيث تتناقص الأمطار تدريجياً باتجاه الغرب يقترب المعدل السنوي من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) على طول وادي نهر المسيسبي بالولايات: أيوا وميسوري وأركنساس، ولكن فقط ٣٠ سم (١٢ بوصة) أو أقل على طول السهول الشرقية بولايات وايومنغ، كولورادو، ونيو مكسيكو، استبدلت الأشجار بالمراعي بانخفاض كمية المياه المتاحة إلى مستويات لا تتحملها الأشجار، وبالمثل، العشب الأزرق الطويل (*Andropogon scoparius*)، الذي يحتاج إلى ٤٠ سم (١٦ بوصة) من الأمطار سنويا، وفي حال انخفضت كمية الأمطار فإن العشب الأزرق الطويل يفسح المجال إلى عشب ((Bouteloua gracllis الذي يتطلب كميات أقل من المياه.

في حالات أخرى، نقص النيتروجين، أو المواد المغذية الأخرى يحد من نمو النبات، إضافة كميات إضافية من العناصر، مثل الزنك أو المنجنيز، لن تعوض النقص في النيتروجين. في كثير من الأحيان يعتبر قانون ليبج العصي (أو شرائح الألواح) في برميل خشبي، هذه العصي أو الألواح بارتفاعات مختلفة.

عندما يتم تعبئة البرميل بالماء، فإن أقصر لوح هو العامل المحدد لكمية المياه التي يمكن أن تخزن في "برميل ليبج"، وهذا يحدث لنمو النبات إذا انخفضت بعض العناصر الغذائية.

وبالإضافة إلى ذلك، فالحد البيئي الأقصى يحد من كمية وتوزيع الكائنات الحية في الطبيعة، وهو ما يعرف باسم شيلفرود "قانون التحمل"، الذي تم تطويره من قبل في، اي. شيلفورد في عام ١٩١٣، وضم لقانون ليبيج للحد الأدنى ليشمل الحيوانات [٤٦]. يذكر قانون التحمل أن وجود وفرة من شيء يمكن أن تكون سلبية بالضبط كتوفرها بكميات قليلة جداً. وجد شيلفورد بأن الكائنات الحية لديها مجال واسع من التحمل لأحد العوامل مثل درجة الحرارة ولكن لديها نطاق ضيق لعامل آخر، مثل بعض عناصر جودة المياه، فترة التكاثر للحيوانات غالبا ما تكون بالوقت الحرج، والعوامل البيئية التي تؤثر على البذور، والبيض، والأجنة، والشتلات، واليرقات كل ذلك

يؤثر على السكان والتوزيع، يتطلب بيض سمك التروات (*Salvetinus fontinalish*) على سبيل المثال، درجة حرارة تتراوح من ٠-١٢° مئوية (٣٢-٥٤ °ف)، مع درجة الحرارة المثلى للتكاثر هي ٤°م (٣٩ °ف). من ناحية أخرى، ينمو بيض الضفدع المنقط (*Rama pipiens*) ويفقس ضمن درجة حرارة تتراوح بين ٠-٣٠° درجة مئوية (٣٢-٨٦ °ف)، مع درجة حرارة مثلى ٢٢ ° مئوية (٧٢ ° ف). المدى المنخفض لدرجة الحرارة لبيض سمك التروات يحد من مستوى التكاثر، هذا على النقيض من بعض الكائنات الحية التي لديها مدى واسع من التحمل لعدة عوامل، ومن المرجح أن تكون الأكثر توزيعا.

فكر في الآتي Think about it

هل للبشر قانون للتحمل – وهي النقطة التي سوف توصل البشر غلى الذروة؟ ما هي الأدوار التي تقوم بها الأمراض، ومعدلات الإنجاب، والحرب، والفقر والمجاعة، والجفاف وما هي الأدوار التي تقوم بها تلك العوامل على البشر عموما في العالم؟ هل موارد المياه العذبة العامل الأساسي عند تحديد عدد سكان العالم في المستقبل، أو هناك عوامل أخرى أكثر تأثيرا؟

ملخص الفصل Summary Points

- الأرض هي كوكب الماء، ولكن على الصعيد العالمي، لا يتم توزيع المياه العذبة بالتساوي على الكرة الأرضية، ما يقرب من ثلثي السكان يعيشون في المناطق العالمية التي تتلقى فقط ربع التساقط السنوي في العالم.

- وهذا له عواقب على جودة الحياة وخاصة في الدول الأقل نموا.

- على الصعيد العالمي، يفتقر ٢,٦ مليار شخص إلى مرافق الصرف الصحي المحسنة.

- بين عامي ١٩٥٩، و١٩٩٩، تضاعف عدد سكان العالم من ٣ مليارات إلى ٦ مليارات نسمة. بمعدلات النمو الحالية للسكان سيصل عدد سكان عالم إلى ٨ بلايين نسمة في عام ٢٠٢٤.

- زيادة الحرارة على مستوى العالم هي قضية مهمة لمصادر المياه لأسباب عديدة، من هذه التأثيرات تأثيرها على الجليد، على الرغم من أن كمية المياه المخزنة على صورة جليد صغيرة، حيث يتم تخزين حوالي ١,٧٪ من الماء على الأرض في صور الأنهار الجليدية والثلوج الدائمة، والجليد البحري، والقمم الجليدية القطبية، وقد يكون هذا العامل الرئيس لتأثير تغير المناخ العالمي.

• تحتوي المحيطات على مياه مالحة جدا غير صالحة للشرب من قبل البشر والحيوانات الأخرى، ولكنها تقدم العديد من المهام الأخرى، ومن بين هذه المهام دورها في تغير المناخ العالمي عن طريق امتصاص الطاقة الحرارية من الشمس.

• تمثل المياه الجوفية ٣٠٪ من إمدادات المياه العذبة على الأرض، منها ٣٣٪ في القارة الآسيوية و٢٣٪ في القارة الأفريقية، تساعد إدارة المياه الجوفية بشكل سليم على التخفيف من عدم المساواة في توزيع المياه على القارات.

• توجد المياه العذبة في الأنهار والجداول والبحيرات والأراضي الرطبة، بالإضافة إلى وظائفها الهيدرولوجية من نقل وتخزين المياه، فإنها تؤدي العديد من المهام كمأوى للحياة البرية، والحد من أثر الفيضانات، ومصادر مياه الشرب، بالإضافة إلى الترفيه.

• آخر خزان للمياه هو الغلاف الجوي. لا يمكن ملاحظة وجود بخار الماء عادة من يوم لآخر ما لم تكن الرطوبة عالية جدا- والأمطار، وتساقط الثلوج، أو أي عاصفة للتساقط، هي عناصر حاسمة من مياه الأرض.

• النظم البيئية هي مناطق متداخلة السمات الحيوية وغير الحيوية معا (أي كنظام)، ومصطلح الأحيائية يشير عادة إلى جماعة واحدة داخل النظام البيئي. أحواض تجميع المياه هي مساحة من الأراضي التي تجري فيها المياه وتصب في مسطح مائي- كيفية العناية بأرض حوض تجميع المياه هي عامل رئيسي في تحديد جودة المياه المستقبلية.

• الميزانية العالمية للمياه يجب أن تشمل جميع الاستخدامات البشرية من المياه، بالإضافة إلى الحفاظ على صحة البيئة، أوجد تزايد عدد السكان ضغوطاً على الموارد المائية التي يجب أن تعالج من خلال التخطيط الدقيق والتقنية الحديثة.

• تسمى قدرة الأرض على دعم سكانها بقدرة التحمل. يتطلب محاولة تحديد صلاحية قدرة التحمل دراسة أعداد السكان، والتوزيعات، وأنماط الحياة، وجودة الحياة، وما إلى ذلك، فمجالات الدراسة لا نهاية لها تقريباً.

أسئلة للتحليل Question for Analysis

١. ما هو الفرق بين الاستعمال الاستهلاكي وغير الاستهلاكي لاستخدام المياه؟ هل استخدم عبارة "الاستعمال الاستهلاكي" دقيقة من حيث الدورة المائية؟

أ. عندما يتم استهلاك المياه بالكامل ولا تعود مباشرة إلى الجداول المائية أو الأنهار أو غيرها من المسطحات المائية بعد الاستخدام، في هذه الحالة يطلق عليها الاستعمال الاستهلاكي، أما الاستعمال غير الاستهلاكي فهو يشير إلى أن الماء المستخدم يمكن أن يعود جزء منه مباشرة إلى الأنهار والبحيرات والمحيطات، أو الخزان الجوفي بعد الاستخدام (ص ١٥-١٦).

ب. لا تغير في حالة المياه، حيث قد يبقيها في صورة معينة لفترات طويلة من الزمن، ويمكن أن يصبح غير متوفر من أجل استخدام محدد، لكنه في النهاية يعود إلى الدورة المائية.

٢. ما معنى مصطلح "المياه الافتراضية؟"

أ. يستخدم الاقتصاديون مصطلح "المياه الافتراضية" للتعبير عن كمية المياه اللازمة لإنتاج الغذاء والطاقة والمنتجات الاخرى القابلة للتداول، عندما يتم تداول هذه المواد في جميع أنحاء العالم فإن إمدادات المياه من منطقة، أو بلد يتم "تداولها تقريبا" للمستهلك في منطقة أخرى (ص ٢١-٢٢).

٣. هل ينبغي أن يكون الماء سلعة تجارية؟ مع التعليل.

أ. سوف تختلف الإجابات حيث تباع الموارد الطبيعية في كل وقت، مثل الخشب والتعدين، يباع الماء لأصحاب المنازل، عن طريق الحاويات، وكذلك للمستخدمين الصناعيين بكميات كبيرة، ومع ذلك، نقل كميات كبيرة من المياه من موقع جغرافي إلى آخر ينظر له بشكل مختلف؛ لأن الماء ضروري للحياة، وملاحظة نقله بكميات كبيرة يبدو مختلفاً عن الاستخدامات الأخرى، تشمل بعض الاعتبارات الممكنة التي يجب معرفتها مثل: من يملك المياه، ما أثر فقدان كمية من المياه على المنطقة (الإنسان أو الأنواع الأخرى)، وهل سيتم استخدام المياه المباعة بطريقة أفضل، وهل هناك قضايا أخلاقية ينطوي عليها بيع المياه.

٤. بلغ عدد سكان الأرض ٦ مليارات نسمة في عام ١٩٩٩، متى من المتوقع أن يصل إلى ٩ مليارات نسمة؟ وأين تحدث معظم الزيادة السكانية؟

أ. ٢٠٤٢، بالدول الأقل نمواً (ص ٢٣-٢٤).

٥. اعتبر أن ما يقرب من ثلثي سكان العالم يعيشون في مناطق تتلقى ربع كميات التساقط على مستوى العالم الأمطار السنوي في العالم، هل إمدادات المياه المحدودة ستسبب في نهاية المطاف إلى الوصول للقدرة الاستيعابية للأرض؟ وهل يؤدي التفاوت في التساقط دوراً في ذلك، وإذا كان الأمر كذلك، كيف؟

أ. سوف تختلف الإجابات - القدرة الاستيعابية لمناطق معينة قد تم تجاوزه فعلاً، ويتضح ذلك من الزيادة في الأمراض المنقولة بالمياه، والافتقار إلى مرافق الصرف الصحي، ونقص مياه الشرب النظيفة، وعدم كفاية الطعام، وإمدادات الوقود النباتي، وزيادة مسافات نقل المياه، وما إلى ذلك، بطبيعة الحال، وجود التفاوت مهم؛ لأنه لن تكون هناك اغاثة من "الطبيعية" لهذا السيناريو، هناك قد ينتهي الجفاف، ولكن إمداد المياه لمنطقة لايتغير بسهولة يوم بعد يوم (ص ٢٩-٣٠).

٦. ما هي بعض الاختلافات بين النظم البيئية، والمناطق الأحيائية، وأحواض تجميع المياه؟

أ. هناك ثلاثة آثار مهمة نشأت عن تعريف النظام البيئي، أولا، كل أجزاء الأرض هي جزء من النظام البيئي، الثاني، جميع مكونات النظام البيئي ليست بالضرورة مرتبطة بمنطقة معينة، الثالثة، ليس للنظم البيئية عموماً حدود جغرافية حقيقية.

ب. من ناحية أخرى، غالبا ما يستخدم مصطلح المناطق الأحيائية لمجتمع معين جداً، وعادة ما يسمى بالنوع السائد في المجتمع، مثل الغابات المطيرة، أو الشعاب المرجانية.

ج. يمكن تعريف أحواض تجميع المياه بأنها المساحة الكاملة للأراضي التي تصرف المياه إلى مسطح مائي معين مثل النهر، البركة، البحيرة، أو المحيط، ويشمل تعريف حوض التجميع مجموعة واسعة من النظم البيئية والمناطق الأحيائية، التي تغطي عدة ولايات، ومقاطعات، وأقاليم ودول، وتشمل أحواض التجميع كلاً من الماء (المائية)، ومكونات الأرض (الأرضية).

د. لذلك تشمل بعض الاختلافات بين النظم البيئية، ونظام بيئي ما، منطقة إحيائية. من السهولة جداً تعريف وتحديد الحدود الفاصلة لحوض التجميع، ولكن هناك صعوبة في تحديد حدود النظام البيئي والمناطق الأحيائية وتستند حدود حوض التجميع إلى مناطق صرف المياه الجارية، في حين تقوم النظم البيئية والمناطق الأحيائية على المجتمعات النباتية والحيوانية. في بعض الأحيان، تتبع حدود حوض التجميع الحدود السياسية، في حين أن النظم البيئية والمناطق الأحيائية عموما ليس لها حدود سياسية (ص ٨-١٢).

٧. ما هي بعض المخاوف البيئية المتعلقة بالمياه للمدن الكبرى؟

أ. تحتاج لنقل المياه مسافات أكبر، وإدارة النفايات، وفقدان المساحات الخضراء، وزيادة مساحات الأسطح غير المنفذة، وزيادة احتياجات إنتاج الغذاء والنقل مع عدم توفر الأراضي، قد تكون للطلاب أجوبة أخرى(ص٢٥-٢٦).

للمزيد من القراءة Further reading

Aldo, Leopold, 1949, The Land Ethic in A Sand County Almanac, New York: Oxford University Press.

Cohen, J., 1995, How Many People Can the Earth Support?, New York: W. W. Norton.

Odum, Eugene P., 1953, Fundamentals of Ecology, Philadelphia, Pennsylvania: W. B. Saunders.

Postel, Sandra, 1997, Last Oasis: Facing Water Scarcity, 2nd edn, New York: W. W. Norton.

Westcoat, James L., Jr., and Gilbert F. White, 2003, Water for Life, Cambridge: Cambridge University Press

المراجع References

[1] Aldo Leopold, 1949, The Land Ethic in A Sand County Almanac, New York: Oxford University Press, quoted in Sandra Postel, 1997, Last Oasis: Facing Water Scarcity, 2nd edn, New York: W. W. Norton

[2] National Aeronautics and Space Administration, Earth Observatory,“ The water cycle, ”http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Water/printall.php, January 2007

[3] National Aeronautics and Space Administration, Earth Observatory, “The water cycle”

[4] National Geographic News, “Mount Kilimanjaro’s glacier is crumbling,” http://news.nationalgeographic.com/news/2003/09/ 0923_030923_kilimanjaroglaciers.html, January 2007

[5] Brian J. Skinner, 1969, Earth Resources, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, p 232

[6] James L. Westcoat Jr. and Gilbert F. White, 2003, Water for Life, Cambridge: Cambridge University Press, p 92

[7] Skinner, Earth Resources, p 202

[8] Luna B. Leopold, Kenneth S. Davis, and the Editors of Life, 1966, Water, New York: Time Inc., p 42

[9] Westcoat et al., Water for Life, p 113

[10] L. A. Frank and J. B. Sigwarth, 1993, "Atmospheric holes and small comets," Reviews of Geophysics 31, 1–28

[11] Government of British Columbia, Ministry of Forests, "Glossary of forestry terms," http://www.for.gov.bc.ca/hfd/library/documents/ glossary/E.htm, December 2006

[12] Eugene P. Odum, 1953, Fundamentals of Ecology, Philadelphia, Penn.: W. B. Saunders, pp 3–4

[13] UN World Water Assessment Program, The United Nations Water Development Report, http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/ protecting_ecosystems.shtml, January 2007

[14] UN–Water Thematic Initiatives, "Coping with water scarcity," www.unwater.org/downloads/waterscarcity.pdf, December 2006

[15] I. A. Shiklomanov and J. C. Rodda, eds., 2003, World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, Cambridge: Cambridge University Press

[16] UN–Water Thematic Initiatives, "Coping with water scarcity"

[17] Ismail Serageldin, Chairman of the World Commission on Water for the 21st Century, Water Forum, the Netherlands, November 30, 1999

[18] Water Resources Council, 1978, The Nation's Water Resources, 1975–2000, vol. 1, Washington, D.C.

[19] Les Rowntree, Martin Lewis, Marie Price, and William Wyckoff, 2003, Diversity Amid Globalization, 2nd edn, Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, p 63

[20] American Red Cross, "Safe drinking water saves lives in tsunami-swept Maldives," http://www.redcross.org/article/0,1072,0_440_ 4084,00. html, January 2007

[21] UN Chronicle Online Edition, "Water for all," http://www.un.org/ Pubs/chronicle/2005/issue2/0205p20.html, January 2007

[22] Times of India, "DJB (Delhi Jal Board) task force on water theft constituted," http://timesofindia.indiatimes.com/articleshow/ 39300037.cms, January 2007

[23] Food and Agriculture Organization of the United Nations, "No global water crisis – but many developing countries will face water scarcity," http://www.fao.org/english/newsroom/news/2003/15254-en.html, February 2006

[24] UN Chronicle Online Edition, "Water for all"

[25] United Nations World Water Assessment Program, The United Nations Water Development Report, http://www.unesco.org/water/wwap/facts_ figures/basic_needs.shtml, January 2007

[26] The United Nations Water Development Report

[27] The United Nations Water Development Report

[28] US Department of Energy, 2005, Power Plant Water Usage and Loss Study, DOE Water Report http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/ gasification/pubs/pdf/WaterReport_IGCC_Final_August2005.pdf, September 2007

[29] Public Broadcasting System, NOVA, "World in balance – human numbers through time," http://www.pbs.org/wgbh/nova/worldbalance/ numb-nf.html, November 2006

[30] US Census Bureau, "World population information," http://www.census.gov/ipc/www/world.html, November 2006

[31] UN Department of Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision Population Database, http://esa.un.org/unup/ p2k0data.asp, January 2007

[32] UNESCO, World Water Assessment Program, http://www.unesco.org/ water/wwap/targets/index.shtml, December 2006

[33] United Nations Human Settlements Programme, 2006, The State of the World's Cities Report: 30 Years of Shaping the Habitat Agenda, London, Earthscan, http://www.unhabitat.org/pmss/getPage.asp?page=book View&book=2101

[34] Workpermit.com, "Immigration fails to stem European population loss," http://www.workpermit.com/news/2006_08_21/global/ worldwide_immigration_analysis.htm, January 2007

[35] Citizenship and Immigration Canada, "Facts and figures 2006," http:// www.cic.gc.ga, July 2007

[36] UN International Hydrological Program, "Latin America and the Caribbean," http://typo38.unesco.org/en/worldwide/ihp-lac.html, January 2007

[37] BBC News, "World population growth 'falling'," http://news.bbc.co. uk/1/hi/world/americas/3560433.stm, January 2007

[38] PeopleandPlanet.net, "People and cities," http://www/peopleandplanet. net/doc.php?id_2805, January 2007

[39] UN Population Fund (UNFPA), Country Profiles for Population and Reproductive Health, http://www.unfpa.org/profile/arab_overview.htm, January 2007

[40] UN Population Fund (UNFPA), Country Profiles for Population and Reproductive Health, http://www.unfpa.org/profile/asia_overview.htm, January 2007

[41] US Census Bureau, "World population information"

[42] Save the Children, State of the World's Mothers, http://www.savethe children.org/countries/, October 2008

[43] PeopleandPlanet.net, "The ecology of cities," http://www/peopleand planet.net/doc.php?id_2837, January 2007

[44] J. Cohen, 1995, How Many People Can the Earth Support? New York: W. W. Norton

[45] Skinner, Earth Resources

[46] Jeanne S. Poindexter and Edward R. Leadbetter, eds., 1986, Bacteria in Nature, New York: Springer-Verlag, p 351

الفصل الثاني

البيئة المائية للحضارات القديمة

The Water Environment of Early Civilizations

لا يعرف الناس حقيقة أهمية الماء إلا بعد المرور بتجربة نقص الماء.

اللورد بايرون، دون خوان، **Lord Byron, Don Juan** ١٨٢١م

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- المقدمة
- المياه والزراعة: أساس الحضارة
- أنظمة مياه الشرب والصرف الصحي القديمة
- المياه والبيئة
- نظرة تاريخية: الإنسان والبيئة

المقدمة

Introduction

تحافظ المياه على الحياة على الأرض. البشر بحاجة إلى إمدادات وافرة من المياه للشرب، والنظافة الشخصية، وإنتاج الأغذية، والملاحة، وتوليد الطاقة، وبالقدر نفسه من الأهمية أيضا، تعتمد صحة بيئتنا المحلية والإقليمية والوطنية، والدولية بما في ذلك الأنهار والبحيرات والبرك والأراضي الرطبة والمياه الجوفية على كميات كافية ونوعيات جيدة من المياه.

نقوم بتغيير بيئتنا الطبيعية منذ عصور ما قبل التاريخ، اعتمدت المجتمعات البدائية على الطبيعة في الطعام والماء والمأوى. تدعم المياه مجموعة واسعة من النباتات والحيوانات. في كثير من الأحيان استقرت عشائر البشرية

بالقرب من البحيرات، أو الأنهار التي وفرت بسهولة المياه المتاحة والإمدادات الغذائية. بعض هذه الجماعات البشرية هي بدوية تقوم بعمليات الرعي والانتقال خلال مواسم الجفاف، أو قلة الأمطار. كانت التأثيرات البشرية على البيئة ربما في الحد الأدنى في البداية، ومع ذلك، فالأعمال التي قام بها الإنسان مهما كانت بسيطة مثل سحب المياه من مجرى مائي، أو الصيد بالقرب من البحيرة، يمكن أن يغير النظم البيئية المحلية. تعلّم البشر في وقت مبكر استخدام النار، لتعديل وتحسين الموارد الغذائية. كان لهذا العمل تأثيرات هامة محلياً على تغيير بنية النظام البيئي بما في ذلك النظم المائية.

زيادة عدد السكان وتتطور الحضارات وبناء قنوات الري، وتحويل المياه إلى القنوات مائية لتصل إلى مدن بعيدة، والتخلص من الفضلات البشرية والنفايات في المجاري المائية المحلية، كل ذلك له آثار بيئية ضارة، وربما تكون هذه التأثيرات غير مرئية، مثل زيادة طفيفة في درجة حرارة المياه بسبب تناقص تدفق المياه السطحية، أو زيادة في المواد الكيميائية غير المرغوب فيها، مثل الأمونيا، أو النترات في الأنهار والبحيرات والطبقات الحاملة للمياه الجوفية، ومع ذلك، تسببت الزيادة السكانية في جعل الآثار البيئية المحلية أكثر وضوحاً. أدى تحويل المياه من الأنهار والجداول للاستخدام البشري إلى تغير النظم البيئية والمحلية والإقليمية، وفي بعض الحالات، تسببت في فقدان كل النباتات والحيوانات. أصبحت النفايات البشرية أكثر وضوحا في المناطق السكنية الكبرى، وغالبا ما تدفق هذه النفايات في كثير من الأحيان إلى الجداول المائية والأراضي الرطبة مما يسبب زيادة صعوبة هذه المصادر للاستخدام البشري. حصل تدهور لمصادر المياه بسبب تزايد السكان واستخدام واستهلاك كميات متزايدة من المياه والإمدادات الغذائية دون اعتبار لمصادرها، لقد تحقق اليوم تقدم هائل في فهم البيئة ودور البشر في تدميرها، وحيثما كان ذلك ممكنا، يتم إجراء التحسينات اليومية، ولكن الظروف اليوم في بعض أجزاء من العالم لم تتحسن بشكل كبير لعدة قرون.

استخدام المياه في عصور ما قبل التاريخ Prehistoric water use

يقدر عمر الأرض بحوالي ٤,٦ مليار سنة، ويعتقد بأنه قبل حوالي ٣ مليارات سنة، وجدت أول أشكال الحياة بوجود مخلوقات بدائية وحيدة الخلية prokaryates، أو البكتيريا البدائية، والخطوة التالية لم تأتِ إلا بعد حوالي ٢ مليارى سنة، ثم بدأت بذور وحيدة الخلية بالحياة لتتطور إلى الكائنات متعددة الخلايا. المحيطات مليئة بمجموعة واسعة من الحياة المائية المعقدة. انتقلت بعض الكائنات الحية إلى الأراضي المجاورة، وربما لتجنب التعرض للأكل من قبل الحيوانات المفترسة في البحر، تطورت سلسلة من المخلوقات المعقدة في الأراضي الجديدة والمياه، التي قضي

عليها بشكل انقراض جماعي وغير مفهوم حتى الآن، تتكرر دورة النمو والتطور والانقراض عدة مرات خلال تاريخ الأرض.

ينقسم تاريخ الأرض إلى عصور، دهور، وفترات مختلفة. وتسمى أكبر وحدة من الزمن بالدهر، وهناك منها أربع وهي: حقبة Hadean ("تحت الأرض")، Archean ("القديمة")، Protenerozoic ("الحياة المبكرة")، و Phanerozoic ("الحياة المرئية"). وتنقسم بعض دهور إلى عصور. أخر هذه الدهور Phanerozoic قسم إلى ثلاثة عصور. هي: عصر Paleozoic ("الحياة القديمة"، وهي فترة أرض النباتات الاولية)، Mesozoic ("الحياة الأوسط"، والتي شهدت صعود الديناصورات)، و Cenozoic (الحديثة "الحياة "، والتي شهدت سيطرة الثدييات بعد انقراض الديناصورات). كل من العصور الثلاث. من الدهر Phanerozoic قسمت إلى وحدات أقصر من الوقت الزمني تسمى فترات، مثل الفترة الجوراسية عندما نمت الديناصور إلى أحجام عملاقة. استمرت الفترات لعشرات الملايين من السنين، لذلك قسم الجيولوجيين هذه الفترات إلى عصور، مثل عصر الهولوسين التي بدأت قبل ١٠٠٠٠سنة (في نهاية العصر الجليدي الأخير، وتستمر حتى اليوم).

أظهرت دراسة حفريات ما قبل التاريخ أن مناخ الأرض شهد تغييرات جذرية بالمثل (انظر الشكل ١ ,٢). انتقلت مناطق من العالم من الغابات الاستوائية إلى التندرا المتجمدة، والعودة إلى مناخ أكثر دفئا للغطاء النباتي، من خلال تجميع الظروف المناخية وأنواع الحيونات والنباتات المرتبطة بها. يمكن تصنيف تاريخ الأرض إلى فترات جيولوجية مميزة (انظر الشكل ٢ , ٢).



الشكل ٢,١ خشب متحجر في الحديقة الوطنية للغابات المتحجرة، أريزونا، الولايات المتحدة، وهو تذكير بأن ما هو صحراء اليوم كان سابقا غابات. لقد حدثت تغيرات بالمناخ على مر التاريخ للأرض.
(Photograph by " Moondigger) http://en.wikipedia.org/wiki/Fossil

حقب الحياة الحديثة العهد (عمر الحياة الحديثة) - قبل ٦٦ مليون سنة إلى الأن

الحقبة الرباعية - ١,٨ مليون سنة حتى الأن

عصر الهولوسس - ١٠٠٠٠ سنة مضت حتى الأن

العصر الجليدي - ١,٨ مليون إلى ١٠٠٠٠ سنة مضت، العصر الجليدي العظيم

• يعتقد أن البشر تطوروا في الفترة الرباعية.

عصر الدهر الوسيط (العمر الحياة الأوسط)، من ٢٤٥ حتى ٦٦ مليون سنة مضت

العصر الطباشيري - ١٤٤ حتى ٦٦ مليون سنة مضت

• سيادة الديناصورات، وظهور بذور النباتات

العصر الجوراسي - ٢٠٨ حتى ١٤٤ مليون سنة مضت

• الديناصورات الكبيرة، الزواحف الطائرة أول الطيور المعروفة

فترة الترياسي - ٢٤٥ حتى ٢٠٨ مليون سنة مضت

• أول الديناصورات

حقبة الحياة القديمة - ٤٧٠ حتى ٢٤٥ مليون سنة مضت

•وجود الأسماك البدائية، اللافقاريات البحرية
• الزواحف البدائية والنباتات البرية
Phanerozoic (الحياة اليونانية المرئية) - ٥٧٠ مليون سنة إلى الأن

حقبة البروتيرورروي

• تشكل الأكسجين المنخفض في الجو والمحيطات والصخور، وأشكال الحياة الأولية

عصر Hadean - ٣,٨ مليون سنة مضت

• منذ بداية النظام الشمسي إلى تطوير الأرض مستقر ومدارات القمر وأقدام الصخور

عصر ما قبل الكمبري - ٤,٦ مليون سنة إلى ٥٧٠ مليون سنة مضت

الشكل ٢,٢
الزمني الجيولوجي.

على سبيل المثال، ظاهرة الاحتباس الحراري خلال العصر الجوراسي والعصر الطباشيري (٢٠٨حتى ٦٦ مليون عاما) أنتجت وبوفرة من نباتات وحيوانات متحللة التي وفرت الوقودالأحفوري اليوم للاستهلاك البشري، وعلى النقيض التبريد العالمي، خلال العصر الجليدي (١,٨ مليون إلى ١٠ آلاف سنة مضـــت) سمح

في العمق In Depth

الزمن الجيولوجي GEOLOGIC TIME

تخيل أن وضع ما قبل التاريخ بدأ قبل التاريخ البشري. الأنهار والبحيرات، وبيئتنا الكاملة في حالة طبيعية، حيث يسيطر عليها فقط الظواهر الطبيعية، وبعيدة نسبيا عن النشاط البشري. الأنواع النباتية والحيوانية في عملية مستمرة من التكيف مع مناخ الأرض المتغير. في بعض الحالات، الأنواع سوف تتكيف وتبقى على قيد الحياة، وفي حالات أخرى قد تنقرض. تغير المناخ ثابت. تسبب الاحتباس الحراري والتبريد العالمي في تغيرات على مستوى المحيطات والتصحر. وبالإضافة إلى ذلك، فإن التغييرات جارية على الأرض بسبب النشاط الجيولوجي مثل الدفع لأعلى من السلاسل الجبلية بالكامل، والتعرية الريحية والمائية، وتحرك القارات كما وصفت بالصفائح التكتونية (الشكل ٢,٣). مثل هذه التغيرات تسببت في تغير القارات بأكملها، بعد أن كانت ذات يوم مغطاة بالنباتات والحياة الحيوانية، لتصبح أنهاراً جليدية، صحراء، الغابات المطيرة في أوقات لاحقة. علينا أن نتذكر أن هذه عمليات جيولوجية ومناخية طبيعية.

البشر في وقت مبكر كانا يدعون البدائيين (Homo neanderthalensis)، من سكان أوروبا وآسيا الغربية وآسيا قبل نحو ٢٣٠٠٠٠ حتى ٣٠٠٠٠ سنة مضت خلال عصر البليستوسين (انظر الشكل ٢,٤). استخدمت الأدوات الحجرية، وكذلك العظام، والأخشاب لأغراض أخرى. شيد الناس في العصر الحجري الملاجئ المعقدة، واستخدمت النار، والحيوانات. انقرض البشر البدائيون في نهاية المطاف. تم استبدالهم من قبل الإنسان المدعو sapiens sapiens، (أو الإنسان الحديث). ربما أدى التنافس على الغذاء والأراضي بين الإنسان الحديث إلى انقراض البشر البدائيين ".

بتشكيل الصفائح الجليدية في كل من نصفي الكرة الشمالي والجنوبي، انقرضت أنواع من النباتات والحيوانات خلال هذه العصور الجليدية، وآخرها التي حدثت في بداية عصر الهولوسين قبل ١٠٠٠٠ سنة. نجا البشر من العصر الجليدي الأخير، إلا أن الماموث الصوفي لم ينجُ.



الشكل ٢,٣ جسر ليف لاكي Leif the Lucky: جسر بين القارات في شبه جزيرة Reykjanes، جنوب غرب آيسلندا عبر وادي الصدع Alfagja الحدود للمنطقة الأوروبية الآسيوية وأمريكا الشمالية للصفائح التكتونية القارية.

(Photograph by "Chris 73" at http://en.wikipedia.org/wiki/File.Bridge_across_continents_iceland.jpg

تطورت في وقت مبكر من التاريخ المجتمعات بالقرب من الأنهار والبحيرات في وادي الصدع العظيم (Great Rift Valley) من شرق أفريقيا، وأوروبا، والشرق الأوسط، شمال الصين، والهند. وجدت بقايا الإنسان في أفريقيا التي تثبت وجوده قبل ٦٠ ألف سنة، وتم العثور عليها في الوقت الحاضر في موقع شلالات كالامبو (Kalambo) في الجنوب الأفريقي، وهي توجد على الحدود بين تنزانيا وزامبيا، على طول نهر Kalambo في الزاوية الجنوبية الشرقية من بحيرة تنجانيقا (Tanganika). تشير الأدلة إلى أنه تم استخدام النار في الغابات لإزالة الأشحار والنباتات. تنافس البشر مع الحيوانات، مثل الضباع، لاستخدام الكهوف والغذاء [١]. استخدام البدائي في وقت مبكر النار لحرق مناطق الأعشاب لدفع الحيوانات خلال رحلات الصيد، هذا العمل قد غير الطبيعة البيئية المتعاقبة لمناطق الأعشاب، أو الغابات [٢].



الشكل ٢,٤ التركيب الأولي للإنسان النياندرتال (هومو نياندرتال)، ١٨٨٨، من قبل Hermann Schaaffhausen

(Photograph by "Chris 73" at http://en.wikipedia.org/wiki/File.Bridge_across_continents_iceland.jpg

خلال مرحلة الصيد والقنص من التطور، كان الناس البدائيون يعتمدون على الطبيعة بشكل مباشر، وتنافسوا مع الحيوانات البرية على الغذاء والمأوى. أعطت أدوات الصيد الموجودة للبشر ميزة على الحيوانات المفترسة الكبيرة، وما زال البشر في بعض الأحيان فريسة للحيوانات. شهدت هذه الفترة من التاريخ التحكم في عدد السكان كما يحدث بشكل طبيعي بالحياة البرية. حدت القدرة الاستيعابية للبيئة المحلية والأقليمية من عدد السكان، لعدم كفاية الطعام، أو إمدادات المياه، مما تسبب في تناقص أعداد البشر، سواء من خلال الخسائر في الأرواح، أو التحكم في حجم العشيرة عن طريق الاختيار، أو عن طريق التسبب في الانتقال إلى مناطق أخرى، وتغير هذا النموذج مع تطور الزراعة.

المياه والزراعة: أساس الحضارة Water and Agriculture: the Basis of Civilization

المحاولات المبكرة لمعرفة احتياجات الماء والغذاء حصلت خلال العصر الحجري الحديث أو العصر الحجري الجديد، حوالي ٩٠٠٠ قبل الميلاد، في رواية جيمس ميشنر المعنونة بالمصدر [٣]، يوصف بشكل خيالي الكهف الذي يعيش فيه زوجان في منطقة الشرق الأوسط، ومحاولتهما في وقت مبكر لزراعة المحاصيل الغذائية:

" وجدت زوجة أور على ضفاف الوادي بعض الشباب يقطع سنابل من القمح، وصادف أن أخذت هذه البذور ووضعتها في التربة المناسبة على طول حافة الصخور في المنحدرات الكبيرة، بحيث تبقى الرطوبة طوال موسم الجفاف تبقى رطوبة حفاظاً على حبوب القمح على قيد الحياة، وعلى الرغم من أن إنتاجية القمح الصالحة للأكل كانت مخيبة للآمال، لكن أنتجت حبوب القمح في المنطقة التي وضعت بها البذور، وظهرت مرة أخرى في الربيع، حيث كان ذلك أمراً مطلوباً."

بعد تقدم المعرفة الإنسانية، الآن، حدث تغيير كبير في القدرة على زراعة المحاصيل بالقرب من كهف أو مساكن الإنسان الأخرى، وقلل ذلك من حاجة البشر ليهيمون على وجوههم للبحث عن الطعام. على مدى آلاف السنين، اكتشف البشر، أنه إذا زرعت البذور بعيدا عن الصخور في المناطق التي ترسبت فيها الحبيبات على التربة القديمة بفعل الفيضانات، أو الرياح فإن إنتاجية المحاصيل تتحسن، أصبح هذا هو الأساس لتلك المجتمعات هناك، عامل واحد سمح للبشر بالتعايش في مجمعات دائمة، تحولت هذه فيما بعد إلى مدن ودول وإمبراطوريات للحضارات القديمة.

تستخدم الاحرف BCE "زمن قبل الميلاد" استبدلت بعبارة "قبل المسيح" BC. ليس هناك فرق بين المصطلحين باستثناء anno Domain"" وباللاتينية تعنى "في سنة الرب"، حيث استبدلت بمصطلح عصري أكثر حيادية، لذلك استبدلت CE محل AD .(Domin) وقد تم ذلك في محاولة لتثبيت السجل الزمني.

تطورت الزراعة في الشرق الأوسط بين ٨٠٠٠ و٦٠٠٠ قبل الميلاد، وبدأ التحول من وحدات قبلية، أو عائلية إلى مجتمعات أكبر يلزم ما يقرب من ٣٠ سم (١٢ بوصة) من الاحتياجات المائية خلال موسم النمو لزراعة أغلب محاصيل الحبوب، كما اكتشفت زوجة أور، أن البذور هي المفتاح لتأسيس المحاصيل والمجتمعات. خلال بداية تاريخ الزراعة، تعلم المزارعون في وقت مبكر أنه في كثير من الأحيان أن البذور المبذورة على سطح الأرض قد تذهب بعيداً بفعل الرياح، أو تؤكل من قبل الطيور، أو القوارض، مع محدودية مخزونات البذور، طورت طرق بسيطة لزراعة البذور تحت سطح التربة لتشجيع الإنبات والنمو، أُستخدِمَ الزراعة البدائية بعض العصي لإيجاد حفر صغيرة في التربة كمهد للبذور، ولاحقا بعد ذلك، استخدم الإنسان المحراث وتسمى ard or scratch. في وقت لاحق من ذلك، حوالي ٣٠٠٠ قبل الميلاد، تم تعديل المحراث الذي يسحبه الإنسان إلى محراث الحيوانات مثل الثيران، ويعد المحراث تقنية متقدمة في ذلك الوقت، لكنها أدت إلى أضرار بيئية مثل تعرية التلال، وإزالة التربة السطحية، وفقدان الغطاء النباتي الأصلي. المدرجات (تسوية جزء من منحدر التلال للحد من التعرية) كانت محاولة مبكرة في حفظ التربة، ولا تزال تستخدم على نحو فعال إلى اليوم [٤].

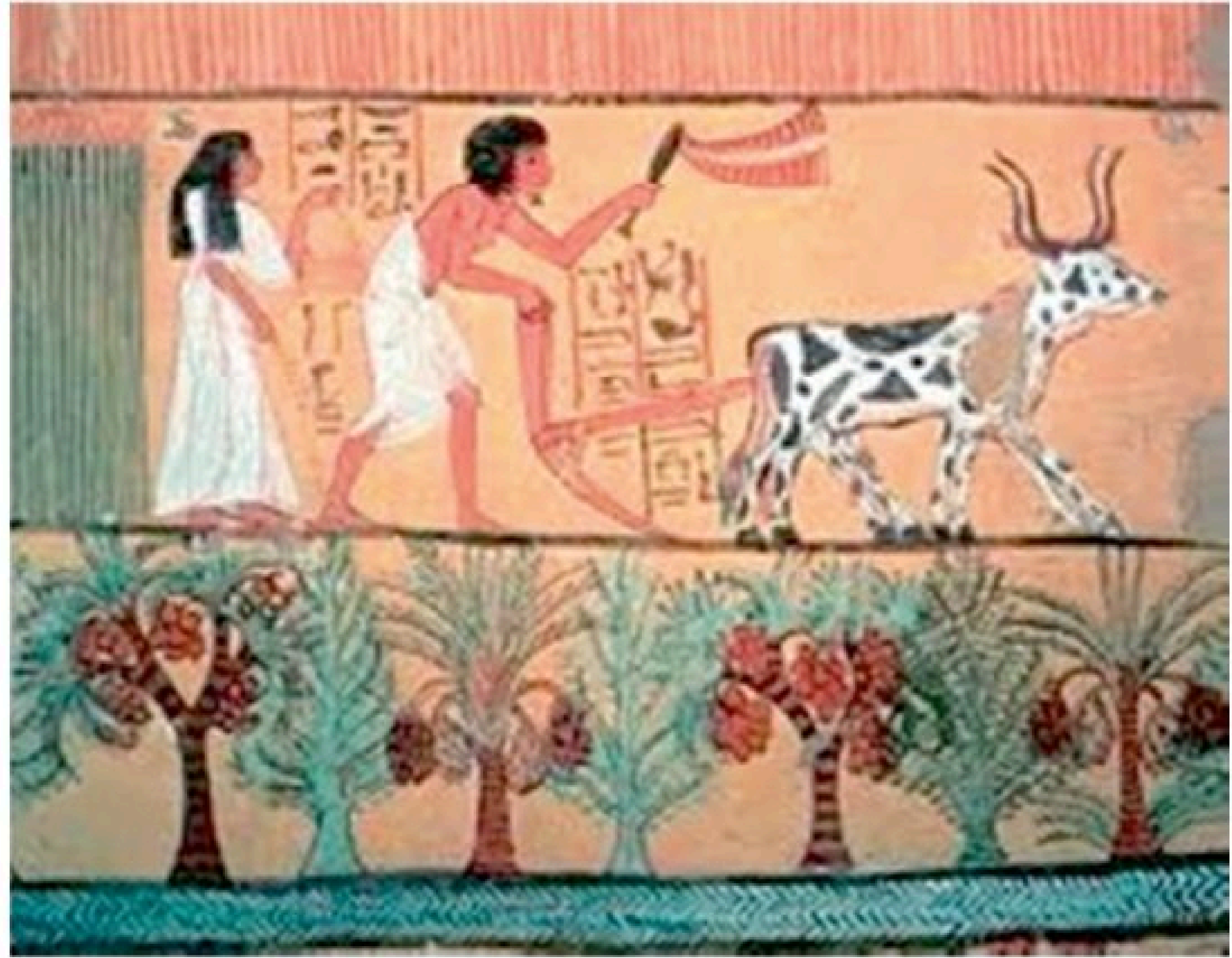
فكر في الآتي Think about it

كان تطور استخدام المحراث تطورا كبيرا في قطاع الزراعة، ولكن جاء ذلك مع ثمن باهظ. فوائد الحرث كانت فورية حيث يمكن زراعة مساحات كبيرة من الأراضي بالمحاصيل، ولكن تكسير التربة والتخلص من الأعشاب غير من طبيعة التربة. فالتعرية مشكلة شائعة، ولا سيما على المنحدرات الجبلية. أدت قرون من ممارسات الحراثة، في بعض المناطق، إلى فقدان كامل للطبقة السطحية من التربة التي تغطي منطقة المرتفعات. مع مرور الوقت، قد يكون المحراث واحدة من الآلات التي استخدمها البشر الأشد ضرراً على الأرض، وحتى الآن واحدة من أكبر أدوات الإنسان من أجل البقاء. ما رأيك؟ [٥]

سمحت مهنة الزراعة للتحول من القبائل البدوية من الصيادين والحطابين إلى مجتمعات صغيرة يمكن الدفاع عنها ثم مراكز حضرية كبيرة، حدث هذا التحول للمجتمع البشري في المقام الأول على طول نهري دجلة والفرات في بلاد ما بين النهرين ("الهلال الخصيب")، ونهر النيل في مصر (انظر الشكل ٥ ,٢)، ونهر وادي السند في باكستان الحديثة، وعلى طول نهر هوانغ (النهر الأصفر) في الصين، كان من شأن هذا النمط الثقافي أن غير المجتمع البشري والبيئة المحيطة بها إلى الأبد، حصد إمدادات الغذاء الوفيرة تعني أن هناك وقتاً أقل للصيد وجمع

الثمار والتحطيب، أصبح المزيد من الوقت متاحاً للأنشطة الأخرى بالمجتمع، فالفخار بدلاً من جلود الحيوانات لتخزين المواد الغذائية والمياه، والمنازل مصنوعة من الخشب والحجر، وحتى الطوب أحدث تطوراً في فنون البناء[٦].

كان مفهوم العيش بشكل دائم في مكان واحد، الذي يطلق عليه sedentism، تغيرا كبيرا بالنسبة للبشر بدلا من اتباع الترحال والعيش في مخيمات مؤقتة، تطورت فكرة جديدة للعيش في مكان دائم، هذا التطور أدى إلى الاستخدام المكثف للموارد الأرضية والمائية في منطقة صغيرة لعدة أجيال، وكان هذا تناقض حاداً مع الآثار الناجمة عن الصيادين الذين ينتقلون باستمرار.



الشكل ٢,٥ هذه الصورة توضح استخدام الأدوات بالزراعة المصرية في وقت مبكر.

بلاد ما بين النهرين Mesopotamia

كلمة "بلاد ما بين النهرين" مشتق من كلمة يونانية تعني "بين نهري". وكما هو معروف هذه المنطقة تعرف باسم "مهد الحضارة" و "الهلال الخصيب"، نظرا لأنها أول المجتمعات التي تعلمت القراءة والكتابة وطورت الري. تجدر الإشارة إلى أنه لم يكن يوجد بلد يسمى بلاد ما بين النهرين، بل هي المنطقة الجغرافية التي عرفها المؤرخين اليونانيين.

تطورت الزراعة في بلاد ما بين النهرين، حيث تقع وديان الأنهار الخصبة بين نهري دجلة والفرات في الوقت الحاضر في العراق، شرق سوريا، وجنوب تركيا. أُستخدمَ نهرا دجلة والفرات في بلاد ما بين النهرين للري في وقت مبكر. لنهري دجلة والفرات دلتا ضخمة تمتد لمسافة طويلة وتبدأ من شمال بغداد، العراق، وصولاً إلى سهل واسع نحو الخليج العربي في الجنوب. ترسب مياه النهر المواد الرسوبية على أرض

مسطحة من الدلتا منذ عصور ما قبل التاريخ، بنيت السدود الصغيرة لتخزين مياه الري في هذه المنطقة، حيث إن التدفقات الطبيعية في كثير من الأحيان تحدث في الوقت الخطاء من العام، وكانت السدود مهمة جدا لاستمرارية الحياة في بلاد ما بين النهرين. كانت عمليات الري مهمة لشعوب تلك المنطقة حيث كتبت في سجلاتهم، والري كان موضوعا مستمرا، ولا سيما في المدونات القانونية والخرافات الدينية [٧].

كان المناخ في بلاد ما بين النهرين (ولا يزال) قاسيا جدا، فمعدل سقوط الأمطار السنوي من ١٥-٢٠ سم (٦-٨ بوصة)، وتصل درجات الحرارة في الصيف إلى حوالي ٥٠ درجة مئوية (١٢٠ درجة فهرنهايت) في الظل، ومع ذلك، مع توقع ذوبان الثلوج من جبال أرمينيا في الشمال التي تشمل جبل أرارات (ارتفاعها ٥١٣٧ متراً، أو ١٦٨٥٤ قدماً)، التي تقع حاليا جنوب تركيا، حيث تمت إزالة الغطاء النباتي الأصلي لإيجاد مساحات من الأراضي لإنتاج المحاصيل والحيوانات المستأنسة للاستهلاك البشري. طول هذه الوديان لنهري دجلة والفرات يتجاوز ١٨٥٠ كيلومتراً (١١٥٠ ميلاً) لنهر دجلة، و٢٨٦٥ كيلومتراً (١٧٨٠ ميلاً) لنهر الفرات، وتتكون وديان الأنهار الواسعة من الرمال والطمي الخصب التي ترسبت من انجراف الجبال على مر العصور، وعلى الرغم من أن المناخ الجاف هو السائد، إلا أن وجود التربة الخصبة في وديان الأنهار المستوية، والمياه من الأنهار وفَّر فرصة كبيرة لازدهار الزراعة المروية.

بدأ التوطين مبكراً في هذه المنطقة الجافة منذ ٧٠٠٠ سنة قبل الميلاد، حيث شيَّد مهندسو الري القواطع والحواجز خلال ضفاف النهر للسماح للمياه بالتدفق على السهول الخصبة [٨]. تم تحسين هذه المحاولات البدائية في الري في ظل المناخ الصحراوي القاسي في وقت لاحق مع بناء شبكة معقدة من قنوات الري والسدود، والخزانات، وبحلول عام ٣٠٠٠ قبل الميلاد كانت كل مدينة من المدن الكبرى في المنطقة تحت نظام من القنوات. تتطلب هذه المشاريع الكبيرة للري مزيداً من التعاون أكثر من السابق، وجهوداً أقل، مما أدى إلى اتفاقيات التعاون والاقتصاد والنظم الاجتماعية التي لم تكن معروفة سابقا. تطورت الحضارة إلى تشكيل الحكومات والقوانين لاستيعاب النظم الاجتماعية والاقتصادية الأكثر تفصيلاً. تم إنشاء التقويمات لتتبع مواسم الأمطار والفيضانات، ومواعيد الزراعة، وأصبحت المحاصيل أكثر تنوعاً، وشملت الشعير، والبازلاء، والعدس، والقمح، والتمر، والبصل، والثوم، والخس، والكراث، والخردل. استؤنست الحيوانات، وشملت الأبقار والأغنام والماعز، والخنازير، استخدمت الحمير والثيران للنقل، بالإضافة إلى عمليات الصيد والقنص لتوفير إمدادات الغذاء [٩].

فكر في الآتي Think about it

كان من الضروري للحكام القدماء توفير إمدادات غذائية كافية لسكان المنطقة التي يحكمونها، حوالي ١٧٦٠ عاماً قبل الميلاد، وجه الملك حمورابي شخصيا الحكام لحفر الترع والقنوات في بلاد ما بين النهرين على أساس منتظم، كان حمورابي يعرف أن الري هو مفتاحا لسلطته، وبالتالي، وظف العديد من الموارد الهائلة لتطوير وصيانة شبكات المياه القديمة، وشملت القوانين التي سنت في ظل حكم الملك حمورابي الأحكام والعقوبات المفروضة على إهمال قنوات الري، الملكة سميراميس، الآشورية التي حكمت في الفترة ٨٠٠ قبل الميلاد، حيث نقشت هذه المرثية على قبرها: "أنا قيدت النهر القوي (دجلة) لكي يتدفق وفقا لإرادتي، ووجهت المياه إلى الأراضي الخصبة التي كانت سابقا جرداء دون سكان."

في العمق In Depth

لدى البشر حاجة فسيولوجية واعتيادية لكميات كبيرة من المياه للنوافير والبحيرات والمعالم المائية وغيرها، ويعتقد أنه كانت توجد حدائق بابل المعلقة في نينوى وهي مدينة جميلة من شوارع واسعة، ميادين عامة واسعة والمتنزهات والحدائق وتقع على طول نهر الفرات حوالي ٨٠ كم (٥٠ ميلا) إلى الجنوب من بغداد في العصر الحديث، ربما كانت هذه الحدائق خرافة، ويعتقد أن الملك نبوخذ نصر الثاني شيد تلك الحدائق لأحد زوجاته التي كانت تشعر بالحنين إلى موطنها الاصلي وطبيعته حيث قضت طفولتها وتسمى ميديا في شمال غرب إيران، وقد ذكر بأن الحدائق في مبنى مقبب من المدرجات، وارتفاعها ٣٧ متراً مربعاً (٤٠٠ قدم مربع) و٢٣ متراً (٧٥ قدما) فوق سطح الأرض، وحيث ان المنطقة جافة ذات امطار ضئيلة جدا، عمل العبيد في نوبات لسحب سلسلة من الدلاء لرفع المياه من نهر الفرات لري أشجار الفاكهة، الأعشاب، العنب، والزهور. النحوت البارزة من الحدائق المعلقة موجودة في المتحف البريطاني في لندن [١٠].

كان النهج المتبع في انحدار الحديقة تشبه جانباً من تل وعدة أجزاء من الهيكل يرتفع بعضها على البعض، وعلى كل هذا، تم تكديس التربة وكانت مزروعة بأشجار كثيفة من كل نوع سواء الحجم والجمال وبالنهاية تسر الناظرين، رفعت آلات المياه الماء بكميات وفيرة من النهر، على الرغم من أنه يمكن لأي أحد أن يرى ذلك المنظر من الخارج.

دايودروس سيكيولوس Diodorus Siculus، المؤرخ اليوناني (٩٠ قبل الميلاد–٢١ قبل الميلاد)

بعيداً عن مدن بلاد ما بين النهرين، فالحدائق المعلقة ليست سمة من سمات المناظر الطبيعية الصحراوية المقفرة، تطلب الحكومة من المزارعين تنظيف قنوات الري لإزالة الطمي والرواسب الأخرى التي ترسبها مياه الري. تستقر حبيبات الطمي والطين التي تحملها مياه الري بسرعة، وكان لا بد من إزالتها بسرعة للحفاظ على تدفق قنوات الري. كميات الوحل والطمي المسحوبة من القنوات تراكمت على طول جانبي القنوات حيث وصلت في بعض المرات إلى ارتفاع ٩ أمتار (٣٠ قدما)، أو أكثر، هذا الوضع أوجد حاجزاً أمام تصريف المياه، وتسبب في بعض الأحيان في تغير مجرى نهري دجلة، أو الفرات أثناء الفيضان، وكانت النتائج مدمرة [١١].

في بلاد ما بين النهرين هناك تمييز كبير بين الترويض والحياة البرية، والحضارة والحياة البرية. من المهم أن تكون الحيوانات في المنطقة مستأنسة، مثل الحمير والجاموس والأبقار والخنازير والأغنام، والماعز. يتم اصطياد الحيوانات إذا كانت صعبة الاستئناس، وأحيانا يتم القضاء عليها، كما حدث مع الأسود في المنطقة. كان الهدف من

ثقافة وعادة ما بين النهرين وضع النظام بدلاً من فوضى الطبيعة، ومع ذلك، فشلت الحضارة في نهاية المطاف لأنها لم تستطع الحفاظ على النظام بنجاح.

حصل الازدحام الشديد في مدن ما بين النهرين مثل بابل، التي حافظت على صفة الشوارع الضيقة والمنازل الصغيرة. آلاف من الناس يستخدمون الحطب للطبخ مما أدى إلى وجود الدخان بسماء المدينة، وأصبح من الشائع وجود أكوام القمامة. الشوارع الترابية هي الأساس منظر من المعتاد رؤيته، وكذلك الفضلات البشرية التي تتراكم في الشوارع، والذباب والقوارض التي في كل مكان، خصوصاً في مناطق حظائر الحيوانات المستأنسة، مثل الأغنام والأبقار والماعز والخنازير، أصبحت إمدادات مياه الشرب من الأنهار والآبار الجوفية ملوثة بالنفايات الحيوانية والبشرية وغيرها، وكان معدل وفيات الرضع مرتفعاً [١٢].

وبزيادة وجود الحقول الزراعية والمستوطنات البشرية في محيط وادي النهر التي أصبحت أكثر ازدحاماً، كان القادمان الجدد يستوطنون في أراض أقل خصوبة وبعيدة عن الوديان الخصبة. في كثير من الأحيان، وعادة ما تكون هذه المناطق في الأساس جبلية وذات تضاريس وعرة، وتربتها قابلة للتعرية للغاية، كان لا بد من تنظيف الأراضي من الصخور، والغطاء النباتي، والأشجار قبل أن تستخدم لزراعة المحاصيل، إزالة الغابات لها أثر سلبي كبير على الزراعة في هذه المناطق المرتفعة ذات الغطاء النباتي سابقاً، قطع الأشجار، سواء لمسح الأراضي للزراعة، أو لاستخدام الحطب كوقود، أدى إلى جفاف مناطق واسعة وتسبب في تعرية التلال.

تمت المحافظة على الأمطار الساقطة مع محدوديتها، عبر تنفيذ المدرجات، وتسوية الأراضي، بالإضافة إلى الأساليب الأخرى البدائية لحصد المياه. للمحافظة على خصوبة التربة تركت بعض الأراضي الزراعية بلا زراعة، أو في إجازة، لمدة عام واحد من أصل سبعة أعوام. سمحت المناطق المرتفعة بالأراضي المنحدرة لبعض الأمطار بالتدفق بعيداً عن الأراضي، ولكن بعضاً من مياه الجريان السطحي جمع في البرك والمستنقعات والأراضي الرطبة والمجمعات الأخرى، كما أن مستويات المياه الجوفية قد ارتفعت في بعض المناطق المحلية، في كثير من الأحيان، أدى سقوط الأمطار في هذه المواقع المشبعة بالمياه إلى تفشي الملاريا من البعوض [١٣].

تقدِّم المرتفعات بمناطق الشرق الأوسط مثالاً واضحاً على كيفية ميل المجتمعات إلى تدمير بيئتها، فالعديد من المناطق التي كانت موقعاً لازدهار الزراعة قديماً أصبحت الآن غير منتجة إلى حد كبير، وما يرى على وجه الأرض نفسها هو بالفعل وثيقة أكثر بلاغة من كافة السجلات المكتوبة [١٤].

مصر Egypt

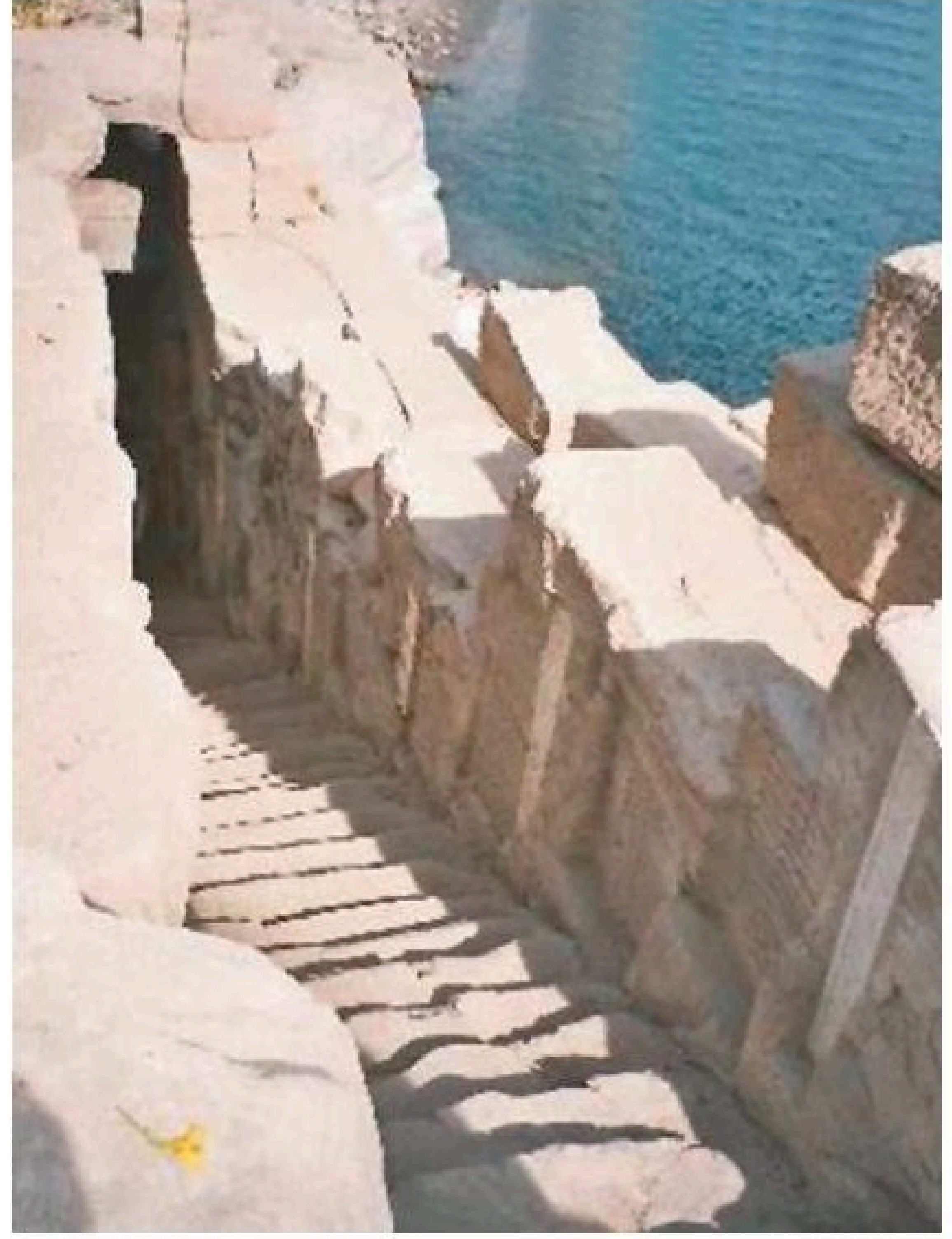
"مصر هبة النيل. (هيرودوت Herodotus، ٤٨٤-٤٢٥ قبل الميلاد)"

إلى الجنوب من بلاد ما بين النهرين، تقدمت وازدهرت الزراعة على طول الشريط الضيق لوادي نهر النيل في مصر، حدث هذا في الوقت نفسه تقريبا مع ما حدث من تطور زراعي على طول نهري دجلة والفرات حول ٦٠٠٠ سنة قبل الميلاد، بدأ سريان مياه نهر النيل بانتظام مثل عقارب الساعة، في أواخر يونيو، حيث تزداد كميات المياه في النهر من الأمطار المدارية وذوبان الثلوج من جبال المنبع في إثيوبيا جنوباً. في أواخر سبتمبر، يتحول نهر النيل بأكمله إلى بحيرة من المياه مملوءة بالرواسب، بعد ذلك بشهر تقريباً تنحسر مياه الفيضانات، وتترك وراءها طبقات غنية من الطين والطمي عبر الوادي، كانت أنظمة الري نظماً متقطعة، ولكن مرتفعة بما يكفي على طول ضفاف النهر لتحويل المياه خلال فترات التدفق العالية فقط، دون نهر النيل. تعتبر مصر لا شيء سوى امتداد شرقاً للصحراء الكبرى.

تزامن الاستيطان البشري على طول نهر النيل مع تراجع الغطاء النباتي الصحراوي في شمال أفريقيا قبل ٥٥٠٠ سنة. أدى المناخ وتغير الغطاء النباتي في منطقة الصحراء إلى هجرة السكان سهول نهر النيل الاكثر خصوبة، ويعتقد إن ذلك وضع الأساس لصعود الإمبراطورية المصرية.

مصر جافة للغاية، فمعدل سقوط الأمطار السنوية لايتجاوز ٢,٥ سنتيمتر (١ بوصة) وهو شيء طبيعي في العاصمة القاهرة. إلى الجنوب من مدينة القاهرة، قد تحدث عاصفة مطرية أو عاصفتان كل سنتين أو ثلاث سنوات، تتراوح درجات الحرارة بين أعلى من ٥٠ درجة مئوية (١٢٠ °ف) إلى ما دون الصفر، حوالي ٣٠٠٠ قبل الميلاد، وجود نظام محكم من السدود والقنوات والخزانات ساعد في تحويل وتخزين وتوصيل مياه الفيضانات من نهر النيل إلى الأراضي الزراعية. تم تصميم الحقول الزراعية كأحواض مستوية وكبيرة لحجز ومسك مياه الفيضانات. تتدفق مياه الري من حوض إلى آخر، ثم آخر، تحت سيطرة بوابة بسيطة. (يزرع الأرز بطريقة مماثلة كما يزرع اليوم). يعمل وجود الطمي في مياه الفيضانات عمل الأسمدة لتحسين نمو المحاصيل.

مقاييس نهر النيل (Nilometers) هي جوانب فريدة من أنظمة الري على طول نهر النيل، وتعطي بعض هذه الأجهزة قياساً للتدفقات من الفيضانات (انظر الشكل ٦,٢).



الشكل ٢,٦ مقياس النيل المصري على جزيرة الفنتين Elephantine في أسوان، مصر. وهذا مقياس لا يزال قيد الاستخدام، يقيس المقياس ارتفاع نهر النيل، منذ القرن التاسع عشر.
Photograph by (X. Y. Hajor.)

وفرت مقاييس نهر النيل معلومات قيمة حول كمية مياه الفيضانات المتاحة للري، وكذلك وفرت الاتجاهات التاريخية للفيضانات، بين يونيو وسبتمبر. تسقط العواصف المطيرة الغزيرة على الأراضي المرتفعة لنهر النيل في إثيوبيا، وتتسبب هذه الأمطار الموسمية في الفيضانات على طول نهر النيل إلى المناطق المنخفضة في الشمال، بانتظام، يقوم نهر النيل بدفع ضفافه مكوناً مناطق واسعة من وادي نهر النيل. عند تراجع مياه الفيضانات، يبقى الطمي والطين الأسود الخصب كرواسب جديدة إلى الأراضي الزراعية، وتزداد خصوبة الوادي، سنة بعد سنة، مع هذا السماد الطبيعي.

أبسط أشكال مقاييس نهر النيل كانت الأعمدة الحجرية العمودية المدفونة في النيل، بمسافات ثابتة محفورة في الحجر، على غرار عصا القياس. تشير ارتفاع الماء على العمود إلى حجم النسبي للمياه في النهر. التصميم الثاني لمقياس نهر النيل تم بناؤه بالقرب من درج يؤدي إلى ضفة النهر. يوجد حفر في الحائط الحجري للدرج مع مقياس يشير إلى ارتفاع النيل. والمقياس الثالث، وهو نظام قياس أكثر تفصيلا يشتمل على حفرة، أو أنبوب التي تنتهي بعيدا عن النهر إلى بئر، أو خزان. تملأ مياه الفيضانات قنوات التوصيل أو خطوط الأنابيب، ثم تصب في البئر أو الخزان. تم قياس ارتفاع الماء في البئر أو الخزان، مما يوفر طريقة سهلة لمراقبة عمق الفيضانات. وتقع هذه الأنواع من مقاييس نهر النيل داخل معبد، حيث يتمكن الكهنة، أو الحكام فقط من الوصول إليها.



الشكل ٢,٧ يصور هذا النقش الساقية القديمة التي كانت تستخدم في مصر. وقد أخذت من كتاب وصف مصر ١٨٠٩، وهو عمل نادر في ٢٤ مجلدا كتبها العلماء الذين رافقوا نابليون في حملته المصرية (١٧٩٨-١٨٠١).

كانت الفيضانات السنوية لنهر النيل حاسمة في الحضارة المصرية. قلة الأمطار الموسمية عن المتوسط في المصب تقلل من جريان الفيضان لنهر النيل، مما أدى إلى المجاعة في مصر. من ناحية أخرى، تسبب الأمطار الغزيرة عن المعتاد في إثيوبيا فيضانات كبيرة، مع نتائج كارثية على حد سواء. لحسن الحظ، كان يمكن التنبؤ بفيضانات مياه النيل، وأن التدفقات لمعظم السنوات كافية لإنتاج المحاصيل. ساعدت مقاييس نهر النيل في مراقبة هذه التدفقات، واستفاد حكام مصر من هذه المعلومات القيمة.

عكست المواقف المصرية القديمة باتجاه الطبيعة دورات نهر النيل. كان رع (Ra)، الذي يسمى إله الشمس، ويصفونه الإله الرئيسي ذو التصرفات المنتظمة التي تستجيب لها الطبيعة. أوزوريس مرتبط بنمو وموت المحاصيل والنباتات الأخرى وثيقة الصلة بالشمس ونهر النيل. يعتبر المصريون أن العالم الطبيعي صديق لحضارتهم، وعلى النقيض من وجهة نظر الطبيعة الفوضوية الموجودة في بلاد ما بين النهرين نحو البيئة [١٥].

تاريخياً كانت الإنتاجية في وادي نهر النيل بمصر تفي بمتطلبات السكان الذين كان يتراوح عددهم بين ١,٥ و٢,٥ مليون، وبالإضافة إلى ذلك، كانت الحياة البرية والطيور المائية وغيرها موجودة بوفرة في المستنقعات والأراضي الرطبة (الشكل ٢,٧). عدد السكان الحاليين في المنطقة أكثر من ٦٠ مليوناً، وهي زيادة بنسبة ٣٠ ضعفاً من عدد السكان في ذلك الوقت، مما يخلق ضغطاً على التربة ومصادر المياه في الوادي، وبدلاً من أن تكون مصر مصدراً للغذاء، كما كان الحال في عهد الامبراطورية الرومانية، فإن مصر اليوم تستورد أكثر من نصف احتياجاتها الغذائية. تضررت ترب الوادي بزيادة الملوحة والتعرية. اليوم، اختفت كثير من أنواع النباتات والحيوانات بسبب تجفيف المناطق الرطبة لزراعة المحاصيل والصيد.

الهند India

يقع وادي نهر السند في الوقت الحاضر في أفغانستان، وباكستان، وشمال غربي الهند. كل ذلك شرق بلاد ما بين النهرين، ويعتبر هذا الموقع مهد الحضارة الهندية، بحوالي ٥٠٠٠ عام قبل الميلاد، حوَّل العاملون بالري المياه الذائبة من ثلوج جبال كاراكورام Karakoram والهندوسية (Hindu Kush) وجبال الهيمالايا المجاورة إلى السهول الفيضية الخصبة لنهر السند. تعتبر أنظمة الصرف وتخزين المياه الأكثر تطوراً في العالم القديم. لقد تم تطوير مجتمعات منظمة تنظيما جيداً حول الفوائض الزراعية الواسعة من الخضراوات، الحبوب، والحيوانات الأليفة، وتم تطوير التجارة مع بلاد ما بين النهرين، وجرى تبادل الأساليب القديمة للري وربما المشتركة بين سكان المنطقتين.

يوجد في وادي السند بعض المدن الأكثر تقدما في ذلك الوقت. ومنذ حوالي ٢٦٠٠ عام قبل الميلاد، كان تعداد سكان مدينة موهينجو دارو، بلغ لا يتجاوز عدة آلاف من الناس. كانت المدينة مزدحمة حيث كان الناس يعيشون ويعملون، مستخدمين الآبار العامة والخاصة لتوفير المياه الخاصة بهم، التي تحتوي على شبكة من الشوارع. وكانت تحتوي على مصارف لصرف مياه الصرف الصحي أسفل وسط الشوارع. لسبب ما، بدأ مواطنو موهينجو دارو مغادرتها حوالي ١٧٠٠عام قبل الميلاد، وفي نهاية المطاف تمت الهجرة منها. ولاحقا طمست المدينة تحت طبقات من التراب والرمل [١٦].

كان الاحتطاب على نطاق واسع حيث يوفر الحطب الوقود لصناعة الطوب، واستخدمت مواد البناء هذه في المدن القديمة مثل مدينة هارابا Harappa التي ازدهرات بين ٢٦٠٠ و١٧٠٠ عام قبل الميلاد، (العديد من مدن السند كانت ذات مجتمعات ومخططة جيدا، بما في ذلك الشوارع الواسعة، الحمامات العامة، والآبار، والخزانات)، أوجدت الحاجة إلى الحطب كوقود إلى إزالة الغابات على نطاق واسع ، وأسفرت عن تعرية التربة والفيضانات، وفقدان الغطاء النباتي [١٧].

الصين China

بدأت المنطقة الحضارية العظيمة الرابعة حول النهر في العصور القديمة، حول وادي نهر هوانغ (النهر الأصفر) شمال الصين، وذلك حوالي ٥٠٠٠ سنة قبل الميلاد كانت المنطقة أكثر اعتدالا وذات غابات أكثر كثافة عما عليه اليوم، ولكن الفيضانات الأسطورية لنهر هونغ لا تزال قائمة، وهناك مقاطع من سور الصين العظيم تعمل كحواجز للتقليل من فيضانات النهر الأصفر. في تلك المنطقة، حولت العديد من الأراضي الرطبة والمستنقعات التي صرفت منها المياه إلى أراضٍ لزراعة المحاصيل، وغالبا ما يتعرض نهر هوانغ هي إلى الفيضانات، بسبب العواصف المطيرة وذوبان الثلوج من جبال كونلون فى مقاطعة تشينغهاي. جعلت هذه الفيضانات الملاحة بالنهر غير صالحة لعدة أشهر، خلال موسم الجفاف من أشهر الشتاء، هوانغ هي أصبح (ولا يزال) نهراً بطيء الحركة

ومياهه محملة بالطمي، ومع ذلك، فالعواصف المطرية في الصيف تحوله إلى نهر ذي فيضانات عاتية، منذ ٢٠٠ قبل الميلاد، حصلت فيضانات من النهر بأكثر من ١٥٠٠ مرة، وتغير مجرى النهر أكثر من تسع مرات [١٨]. تم إنشاء قنوات كبيرة للحصول على المياه للري والنقل والاتصالات. يعتقد أن المسافرين من بلاد ما بين النهرين وفروا معلومات عن طرق الزراعة والري الأخرى للصينيين.

مياه الشرب القديمة وأنظمة الصرف الصحي القديمة

Ancient Drinking Water and Sanitation Systems

في عصور ما قبل التاريخ، عاش البشر في الأبنية البدائية، مثل الكهوف والملاجئ الخشبية، أو المتدلية من المنحدرات، بالقرب من الأنهار والبحيرات أو الينابيع، وفرت مصادر المياه هذه مياه شرب كافية للعشائر الصغيرة في فترة ما قبل التاريخ؛ لأن هذه الجماعات من الصيادين وجامعي الثمار والحطب تنتقل من منطقة إلى أخرى، استخدموا آنية من جلود الحيوانات لنقل وتخزين المياه، مما سمح لهذه القبائل الرحل لمتابعة الرنة، البيسون، الماموث، والخيول، للحصول على الغذاء، والجلود والملابس والأواني، وبتقدم الوقت، تم حفر آبار المياه الجوفية الضحلة لتوفير مصادر جديدة لمياه الشرب.

في وقت لاحق، وبزيادة عدد السكان ونمو المستوطنات في الحجم، تطور مفهوم نقل المياه من خلال القنوات والجداول، وبحلول عام ٢٥٠٠ قبل الميلاد، تشكلت المراكز الحضرية الكبرى على طول نهر السند وروافده من باكستان في العصر الحديث، وكانت أهم هذه المراكز في مدينة موهينجو دارو، بأسفل نهر السند، وهارابا على نهر رافي في الجزء العلوي من وادي السند. كلا المدينتين صممتا على نمط شبكة من الشوارع، وأنظمة الصرف الصحي واسعة النطاق التي شملت حمامات مرتبطة بالمجاري، وكان لهذا أثر جيد على الصحة العامة لهذه المدن التي كان عدد سكانها يصل إلى ٤٠٠٠٠ نسمة.

وفي حوالي ٢٠٠٠ قبل الميلاد، تم توسيع مفهوم نقل المياه لمسافات كبيرة، سواء لأغراض الري، أو إمدادات المياه الصالحة للشرب في منطقة ما يعرف حاليا إيران، وحيث إن معدل سقوط الأمطار السنوي لا يتجاوز ١٥-٢٥ سم (٦-١٠ بوصة) في المتوسط، كان تنمية الموارد المائية حرجاً. سمي نظام القناة qanat (من

كلمة سامية "الحفر")، التي ما زالت مستخدمة في الشرق الأوسط ومناطق أخرى من العالم، يمكن زيارة أنفاق نظام قناة qanatالصين الشهيرة اليوم (الشكل ٨ , ٢).

يتكون نظام قناة من أبار عمودية عديدة تنتظم في بئر إفقي واحد، ينقل المياه الجوفية من جانب أحد التلال، أو سفوح الجبال إلى المناطق المنخفضة عن طريق الجاذبية. كانت المسافة بين الآبار العمودية عموما ٦٠ متراً (٢٠٠ قدم). تم حفر بعض الآبار الأفقية أكثر من ١٢٠ متراً (٤٠٠ قدم) تحت سطح الأرض لمسافة ٣٠ كيلومتراً (٢٠ ميلاً). وهناك عشرات الآلاف من نظم القناة في إيران، ومئات الآلاف من الكيلومترات من الأنفاق [١٩]. تشمل فوائد نظم القناة فقدان القليل نسبيا من إمدادات المياه بسبب التبخر، والوصول إلى إمدادات مياه نظيفة نسبيا.

حول القرن السادس قبل الميلاد، كانت مدينة أثينا القديمة " تحتوي على الآبار العامة وبأعماق كبيرة، مغطاة بألواح حجرية، مع فتحات صغيرة استخدمت بها الحبال والدلو لقرون لسحب المياه الباردة ". [٢٠]



الشكل ٢,٨ من أكبر المشاريع الثلاثة للمياه في الصين القديمة نظام القناة، ونظام مياه تورفان Turfan الذي يقع في منطقة انخفاض تورفان، شينجيانغ، الصين. وقد بدأت خلال عهد اسرة هان (٢٠٦ قبل الميلاد إلى ٢٤م). الأنفاق المتبقية اليوم هي منطقة محمية من جمهورية الصين الشعبية.

(Digital photograph produced by Colegota, available at http://en.wikipedia.org/wiki/Irrigation)

نظام ما يعرف بالقنوات **qanat** هو نظام رائع لتوصيل المياه التي تمتد من العصور القديمة حتى الوقت الحاضر. كتب فيتروفيوس، المهندس المعماري الروماني وهو مهندس من القرن الأول قبل الميلاد، عن نظام القناة ضمن عمله **Architectura De** حوالي ٢٥ سنة قبل الميلاد. جرى مسح التضاريس لعمل نظام قناة المحتمل، ومن ثم تم حفر البئر على سفح جبل أو تلة كبيرة أخرى. هذه المواقع كثيرا ما تحتوي على الرمال والحصى اللتين تحملات كميات كبيرة من المياه الجوفية. يتم حفر بئرين ، يسمى **muqanni**، وهو بئر اختبار أيضا. إذا تم العثور على المياه الجوفية به يتم تشيد النفق ألافقي على عمق يساوي قاع البئر. ينحدر هذا النفق الأفقي بلطف بحيث يمكن للمياه الجوفية ان تصل إلى الحقول والقرى على بعد عدة كيلومترات من البئر.

يمكن الاطلاع على "يوم في حمامات" وهي جولة جولة افتراضية لحمام روماني، وحمامات كركلا، في شبكة التلفزيون العامة (PBS) على الموقع الإلكتروني (www.pbs.org/wgbh/nova/lostempires/roman).

طور الإغريق والرومان أنظمة كبيرة للقنوات التي حسنت كثيرا من أنماط الحياة في مدنهم، بحوالي ٣٤٣ قبل الميلاد إلى ٢٢٥ م. شيد المهندسون شبكات إمدادات المياه التي تقوم بتوصيل ٤٩٢٠٠٠ متر مكعب (١٣٠ مليون غالون) في اليوم الواحد [٢١]. حوالي ٢٥ قبل الميلاد، كتب المهندس المعماري الروماني ماركوس ومخطط مدينة فيتروفيوس بوليو (حوالي ٧٠ قبل الميلاد-٢٣ قبل الميلاد) في De Architectura [٢٢]: هناك ثلاث طرق لتوصيل المياه، من خلال قنوات في الجداول، أو في المواسير المصنوعة من الرصاص، أو في أنابيب من الطين. إذا كان النقل في قنوات، يجب أن تكون القناة صلبة وميل قاع القناة لا يقل عن ربع بوصة لكل مئة قدم، والسماح بتقوس هيكل البناء أكثر، حتى أن الشمس لا تسطع على المياه على الإطلاق، وعندما تصل القناة إلى المدينة يتم بناء خزان كبير مع خزان التوزيع في ثلاث حجرات متصلة مع خزان لاستقبال مياه. بحلول عام ٩٧م، عمل فرونتيوس، وهو مفوض المياه الرومانية ومساح، على توزيع المياه في جميع أنحاء روما (مدينة بأكثر من مليون نسمة في ذروتها في العصور القديمة) مستعيناً بأنابيب من الرصاص والنوافير العامة، والحمامات، وعدد قليل من عملاء القطاع الخاص [٢٣].

عدد قليل جدا من محطات المياه اليونانية القديمة لا تزال قائمة، ولكن بعض المنشآت الرومانية لا تزال تستخدم حتى اليوم، ثلاثة من إحدى عشرة قناة من قنوات روما القديمة ما زالت مستمرة في تقديم إمدادات المياه لنظام المياه في تلك المدينة. صفوف من أقواس القناة، مصنوعة من كتل الجرانيت الضخمة، التي تمتد فوق منطقة البلدة القديمة في سيجوفيا، إسبانيا، حيث بقايا نظام توصيل مياه الشرب الروماني من القرن الثاني الميلادي. الحمامات العامة في روما القديمة، وحمامات وقنوات المياه المفتوحة، والحدائق والأبنية والأنفاق وقناطر دعم قنوات المياه، ونقل المياه العذبة كل ذلك من الإنجازات التي لم يسبق لها مثيل في تاريخ البشرية (انظر الشكل ٢,٩).



الشكل ٢,٩ الحمامات الرومانية في باث Bath، إنجلترا.

(Photograph by David Iliff)

تطورت أنظمة مياه الشرب القديمة وشبكات الصرف الصحي من الصفر إلى ما يقرب من المعايير الحديثة، ويعود ذلك إلى بدء وجود الإنسان على الارض، شهدت الـ ٢٠٠٠ سنة الماضية تدهور جودة مياه الشرب في بعض مناطق العالم إلى المستويات القديمة، في حين ظلت شبكات المياه في مناطق أخرى من العالم في وضع ممتاز تماماً وخالية من المخاطر، يتراوح التخلص من مياه الصرف الصحي أيضا بين النقيضين. سنبحث هذه المسائل الصحية في فصول لاحقة.

اليوم، تسبب العواصف والكثبان الرملية تآكل الأعمدة والجدران المتداعية القابلة للتآكل للمدينة القديمة Leptis Magna، وهي من مواقع التراث العالمي على ساحل البحر المتوسط من ليبيا. كانت هذه المستوطنة المهجورة في شمال أفريقيا واحدة من موانئ الشحن في روما القديمة الأكثر أهمية. قبل ٢٠٠٠ سنة مضت، كانت Leptis Magna ميناءً بحرياً مزدهراً، ويرجع ذلك في جزء منه إلى العمل الهائل الذي قام به المهندسون في إمدادات المياه. تقوم القنوات بتغذية مستودعات تخزين المياه، والنوافير، والحمامات العامة. ومع ذلك، في القرنين الخامس والسادس، نهبت المدينة من قبل المخربين والبربر (القبائل الأصلية) للمنطقة، وهرب السكان. (مصطلح "التخريب" يأتي من غزواتهم القاسية على روما في عام ٤٥٥). كما تم التخلي عن محطات المياه في الميناء، وتصحرت المدينة بعد ذلك. في القرن العشرين تم الكشف عن أجزاء من المدينة للكشف عن عظمتها السابقة (انظر الشكل ٢,١٠) [٢٤].

المياه والبيئة

Water and the Environment

لقرون، حاول العديد من الأفراد فهم العلاقة بين المياه والبيئة الطبيعية، كان طاليس (Thales) (٦٣٦-٥٤٦ قبل الميلاد) الفيلسوف اليوناني الذي ذكر أن سبب وجود كل شيء في الكون هو الماء، واعتبر أن الأمطار من الجنة، تتدفق في الأنهار، وأن مياه المحيطات من مكونات الدورة الهيدرولوجية البدائية،



الشكل ٢,١٠ مسرح Leptic Magna، وهو ميناء بحري روماني على البحر المتوسط، في الوقت الحاضر يقع الميناء في الخونس Alkhuns بليبيا.

(Photograph by Davie Gunn)

وبعد ذلك بقرنين من الزمان، كتب أحد علماء البيئة / علماء النبات، الفيلسوف اليوناني، ثيوفراستوس (372-287 Theophrastus) قبل الميلاد)، عن تاريخ النباتات (Historia Plantarum) (تاريخ النباتات)، وهي موسوعة من عشرة مجلدات عن المملكة النباتية، التي تعتبر بحق بداية الفهم العلمي للنباتات، كانت العلاقة بين المياه، والبشر، والبيئة في أوقات متناغمة، ولكن في كثير من الأحيان علاقة صراع كبير.

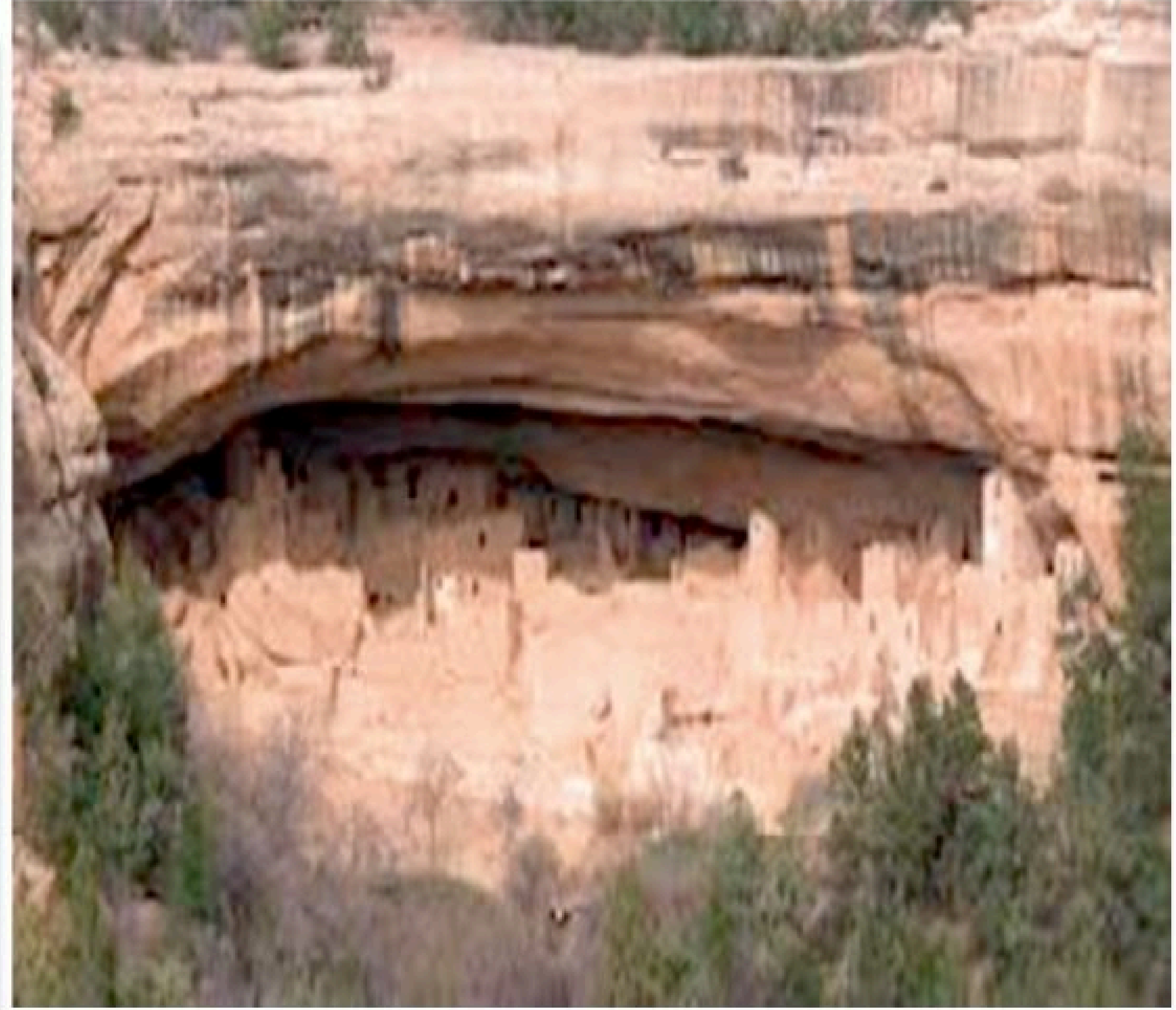
هل عاش البشر قديماً في وئام مع البيئة، وتسبب ذلك في تدهور قليل للبيئة المائية؟ الجواب "كلا". للأسف، فإن القدرة التدميرية للبشر على البيئة الطبيعية ليست ظاهرة حديثة، على سبيل المثال، شهدت العديد من مناطق الشرق الأوسط مشاكل التعرية الشديدة الناجمة عن إزالة الغابات، التي وقعت قبل آلاف السنين، تبين الأدلة أيضا أن المستوطنات البشرية غيرت جذريا البيئات في الجزر، أدى هذا أيضا، في بعض الحالات، إلى انقراض أكثر الحيوانات الكبيرة المحلية التي تعيش في الجزر [٢٥]. على سبيل المثال، جزيرة الفصح "Easter" (المعروفة بمنحوتاتها من التماثيل الحجرية الضخمة) هي جزيرة صغيرة، من التلال، والآن أصبحت جزيرة خالية من الأشجار في المحيط الهادئ قبالة سواحل تشيلي. تمت إزالة الغابات من النخيل والأشجار والشجيرات في العصر البولينيزي عند استيطان البشر لأول مرة، ما بين ٤٠٠ و١٥٠٠م. السبب وراء فقدان الحياة النباتية غير مؤكد، فقد يكون بسبب استخدام الحطب للوقود أو لمواد البناء، أو قد يكون بسبب التغيير المناخي في المنطقة، بغض النظر، كانت النتيجة تعرية شديدة للتربة وتغيراً بالغطاء النباتي.

أنشئت مستوطنات أناسازي Anasazi (انظر الشكل ٢,١١) في المناطق الصحراوية في جنوب غرب الولايات المتحدة للحفاظ على وئام مع الطبيعة؛ لأن الموارد نادرة جدا. أسهم فقدان التوازن في التخلي عن المستوطنات، ويعتقد أنه تم التخلي عن هذه المجتمعات الصحراوية حوالي ١٣٠٠ م نتيجة لمزيج من العوامل بما في ذلك الجفاف لفترات طويلة، والحرب بين القبائل، وتراكم الأملاح في الأراضي المروية، وزيادة السكان، وسوء الصرف الصحي، والأمراض المتوطنة المرتبطة بسوء النظافة وزيادة السكان، وفقدان الإمدادات الغذائية نتيجة الصيد المفرط (انظر الشكل ٢,١٢).



الشكل ٢,١١ أنقاض مساكن الجرف ميسا فيردي Mesa Verde بولاية كولورادو. يستخدم الهنود المناطق العلوية لتخزين الحبوب. بنيت المساكن في مقابل الهاوية. المياه الجوفية تتسرب من مناطق مختلفة من الجرف، مما يسمح للبناءين في بويبلو لجمع المياه لاستخدامها في المساكن. **(Photograph by Karrie Pennington)**

وفي الآونة الأخيرة، في العصور الوسطى (٤٠٠-١٤٠٠ م)، أدت حاجة الإنسان إلى الدفء، وتجنب البرودة أدى إلى بداية هلاك على نطاق واسع في جميع أنحاء أوروبا، وفيما بعد، في أمريكا الشمالية، كانت قلاع القرون الوسطى باردة، فالحاجة للفراء المبطنة، والعباءات، وأغطية السرير أكثر ضرورة من الترف، الحاجة لجلود الحيوان الدافئة أدى إلى زيادة أعمال صيد حيوان القندس. في أوروبا، دفع قلة عدد حيوانات القندس الصيادين إلى الدخول أعمق في الأراضي الروسية. تبين السجلات الموجودة من عام ١٣٠٠ إلى يوليو وسبتمبر من عام م١٣٨٤، أن عدد الجلود بلغ ٣٨٢ ٩٨٢ جلداً (القندس، السنجاب، السمور، فرو القاقم، والسمور) المستوردة إلى إنجلترا من منطقة البلطيق من روسيا الغربية. انتهت تجارة جلد القندس في أسكتلندا في عام ١٣٥٠م بسبب عدم وجود الحيوانات. من ١٣٨٨م، تراجعت إمدادات فرنسا لجلد حيوان القندس إلى أعداد صغيرة جدا. عاشت أعداد القندس المتبقية في أوروبا في منتصف القرن الخامس عشر في مناطق سيبيريا والدول الإسكندنافية فقط [٢٦].



الشكل ٢,١٢ يتطلب موسم الزراعة القبيلة كلها للانتقال إلى الأراضي فوق المساكن حيث يزرعون محاصيلهم. هذه لم تكن حياة سهلة. لاحظ أن الأشجار جميعها ميتة. ماتت أشجار الصنوبر من خلال مزيج من سنوات الجفاف الشديد في بداية القرن العشرين وخنفساء IPS (Ips confuses)، وتسمى أيضا خنفساء اللحاء. الصنوبر العادية يسيطر على الخنفساء بما ينتجه من مواد لزجة sap في الثقوب، ولكن الأشجار المعرضة لقلة المياه لا يمكن أن تنتج ما يكفي من المواد اللزجة. كان يمكن أن يشكل موت هذه الأشجار وضعاً مدمراً إلى أوائل سكان الجرف من الهنود. عمر شجرة الصنوبر من نوع pinyon هو ٨٠٠ سنة.
(Photograph by Karrie Pennington)

واجه القندس في أمريكا الشمالية مصيراً مماثلاً لما حصل في أوربا، ولكن تأخر قليلاً في التاريخ. وجد المستوطنون في العالم الجديد أعداداً وفيرة من القندس (Castor Canadensis) (الشكل ٢,١٣)، وبدأت محاصرة وصيد القندس لتزويد سوق الموضة الأوروبية. وفرت جلود القندس للمستوطنين الاوائل رأس مال جيد، وتسببت في ازدهار للأسواق الأوروبية، توجه رجال الجبال والقادمون الفرنسون غرباً إلى جبال روكي من غرب كندا والولايات المتحدة، وداهمت مأوى القندس البكر، قتلت الحيوانات المحاصرة لجلدها، وانخفضت أعداد القندس. خلال ٤٠٠ سنة انحفضت الأعداد الكبيرة من القندس الكندي والأمريكي، واليوم، تشير التقديرات إلى أن أعداد القندس في الولايات المتحدة هو حوالي ٥ ٪ من الأعداد الموجودة تاريخياً [٢٧]. لحسن الحظ في كندا، حققت عودة القندس زيادة ملحوظة بعد أن اقترب من الانقراض في منتصف القرن التاسع عشر، كان يتم شحن ١٠٠٠٠٠ جلد من حيوان القندس إلى أوروبا كل عام في ذروة تجارة الفراء، ومع ذلك، تغيرت الموضة للأوروبيين وفضلت القبعات



الشكل ٢,١٣ القندس الكندي (Castor canadensis) على وشك الانقراض من الصيد المفرط ولكن استعادته حيث إن الطلب على جلد حيوان القندس قد انخفض.

من الحرير بدلاً من فراء حيوان القندس، كما استخدمت مواد أخرى للدفء، اليوم، أعداد حيوان القندس على قيد الحياة في كندا، وكذلك في بعض الممرات المائية الأمريكية بفضل جهود كبيرة لحماية الحياة الفطرية [٢٨].

وفرت الموارد المائية للأرض مأوى للتنوع الأحيائي، ما يقدر بـ ٤٠٠٠ نوع من الثدييات، و٩٠٤٠ نوعاً من الطيور، وحوالي ١٩٠٠٠ نوع من الأسماك. في عام ١٩٩٥، يقدِّر برنامج الأمم المتحدة البيئي لتقييم التنوع الأحيائي، بأن العدد الكلي العالمي للتنوع الاحيائي تبلغ ١,٧٥ مليون نوع، وتشير التقديرات طوال تاريخ الحياة على الأرض، بأن هناك نحو مليار نوع من الكائنات الحية قد وجدت في وقت واحد [٢٩]. ويمكن تقدير ذلك، على أساس إجمالي السجلات الحفرية، فهناك حوالي أربعة أنواع تنقرض سنويا من مجموع كلي يقدر بـ ١٠ ملايين نوع، بالنظر إلى هذا المعدل فمن المتوقع اليوم أن ينقرض نوع واحد كل ٤٠٠٠ سنة، وبين الطيور واحدة كل ٢٠٠٠ سنة. هذه التقديرات تستند إلى افتراضات واسعة. في الواقع، فإن معدل الانقراض الحالي أعلى بكثير من هذا التوقع الافتراضي [٣٠].

يتطور الاختيار الطبيعي مع مرور الدهور، أو في غضون عقود. في أوروبا، تغيرت العثة *Biston betularia*، في اللون، من لون شاحب رمادي، أو أبيض إلى شكل أكثر دكانة في اللون، في أقل من ٥٠ سنة. وحدث هذا بين عامي ١٨٥٠ و١٨٩٨م في المناطق الصناعية الكبرى، مثل وادي الروهر Ruhr في ألمانيا وميدلاندز Midlands في انجلترا. وفرت نوع العثة الداكنة اللون أفضل تمويه في جذوع الأشجار المظلمة في المنطقة [٣١]. النشاط البشري في سعيه لتنمية الموارد المائية ساعد أيضا بعض النباتات والحيوانات على التكيف. في بعض الأحيان لم تستطع أنواع معينة على التعامل مع التغير السريع بالبيئة، وبالتالي فُقِدت هذه الأنواع.

فكر في الآتي Think about it

ما هي العوامل الحديثة المساهمة في المعدل العالي لانقراض الأنواع؟

نظرة تاريخية: البشر والبيئة

Historical Perspective: Humans and the Environment

يصنف المؤرخون التنمية بالعالم في كثير من الأحيان إلى تسع أحقاب، شملت **الحقبة الأولى** من ١٣ مليوناً إلى ٢٠٠ ألف سنة قبل الميلاد، وتشمل وجود الإنسان الأول على الأرض، وتطوير استخدام الأدوات البدائية.

التغير البيئي تتفاعل الإنسان مع البيئة بدلا من تغييرها.

الحقبة الثانية من ٢٠٠ ألف إلى ١٠ آلاف سنة قبل الميلاد، استمر إنسان هذه الفترة من خلال تطويره لأدوات دقيقة، من السيطرة على استخدام النار، والصيد، والجمع، كما حصلت اتصالات بين الجماعات ونقل المعارف وبشكل جماعي، بدأت أُسس العيش مع بعض، وتتطور الفن البدائي، ربما كجزء من الاتصالات والتعليم والبشر

في المجموعات العائلية كبيرة الحجم سكنوا معظم مناطق العالم بحلول نهاية هذه الفترة، وطوروا المهارات اللازمة للبقاء على قيد الحياة باختلاف المناخ والظروف.

التغير البيئي: لا تزال البيئة تسيطر على البشر ولكن تعلَّم البشر على التكيف مع ذلك.

الحقبة الثالثة: خلال الفترة من ١٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠ سنة قبل الميلاد، شهدت تلك الحقبة تطوير الزراعة، واستخدمت الأدوات لإنتاج الغذاء، وأدى هذا إلى وجود المجتمع الزراعي، وجود ثقافة المعتقدات والمنظمات بين الطقس والمناخ وحيوانات المناطق المختلفة والأدوات، ظهرت الزراعة على جميع أنحاء اليابسة الرئيسية بالكرة الأرضية باستثناء أستراليا خلال ٨٠٠٠ سنة وهو وقت قصير جدا. تسببت إزالة الغابات وتعرية التربة في وقت مبكر بمشاكل نقص الغذاء. الجيران، الدين، الكتابة، والعربات التي تجرها الخيول، هي من التطورات الكبيرة في هذا العصر.

التغير البيئي صُلح تعلم البشر تغيير بيئتهم.

فكر في الآتي Think about it

ما هي الظروف البيئية الموجودة في بعض المناطق التي من شأنها أن تساعد على تطوير نظام الزراعة؟ ما هو دور الماء؟

الحقبة الرابعة: خلال الفترة بين ١٠٠٠ سنة قبل الميلاد إلى ٥٠٠ م. تم تكثيف استخدام الإنسان للموارد الأرضية، واستخراج المواد الغذائية والطاقة، واستخدام الغابات، وتطوير قطعان الحيوانات، وتنامي التجمعات السكانية، والتعرية، والمجاعة، وانقراض الأنواع، وتطورت الإمبراطوريات والأديان، كما نمت أيضاً الأفكار الثقافية.

التغير البيئي وأصل البشر في تغيير بيئتهم

الحقبة الخامسة: خلال الفترة بين ٥٠٠ – ١٥٠٠م، شهدت تلك الحقبة تطور الصين، وأوروبا، والهند كأكبر الاقتصاديات في العالم، شكل جنكيز خان الإمبراطورية المغولية المرعبة، ولكن مع توحيد أوراسيا (أوربا وآسيا)، وتوسيع التبادل التجاري والثقافي، تطورت حضارات الأزتيك والأنكا في الأمريكتين، ومناطق السافانا والغابات في أفريقيا أصبحت دولاً مركزية. الاتصالات والسفر بين المناطق ساعد على نشر المرض، كما تطورت المجتمعات في آسيا وأوربا وأفريقيا والأمريكتين تتمثل في إدارة المياه: الجداول المائية الكبيرة، والقنوات، والقنوات تحت الأرض، وأجهزة لرفع المياه، وطرق ري المحاصيل وتجفيف الأراضي (انظر الفصل الأول)، وكل ذلك أدى إلى زيادة إلانتاج، الذي نتج عنه زيادة أعداد سكان المناطق الحضرية والريفية وتغيير دائم في المناطق. أدت إزالة

الغابات لغرض الزراعة وتنمية المدن إلى نقص الخشب للتدفئة، والإنشاءات، وصهر المعادن، وتسببت في انجراف وتدهور التربة وزيادة الفيضانات.

التغير البيئي واستمرار البشر في تغيير بيئتهم

الحقبة السادسة: بين ١٥٠٠ – ١٧٥٠م، عصر العولمة، ساعد عبر السفر في المحيطات على ربط الأمريكتين، وأفريقيا، وأوربا، وآسيا، وبذلك تمت التبادلات الثقافية والتجارية بين الجماعات الرئيسية في العالم المتحضر، للأسف، انتقلت الأمراض إلى السكان الأصليين للأمريكيين والجزر الأخرى مع المسافرين، مما أسفر عن مقتل الكثير من هؤلاء السكان في حدث يسمى ب "بالموت الكبير The Big Dying." وأعقب ذلك تحول بيئي كبير في أنواع السكان.

التغير السريع والجذري، تمثَّل في تطور العلم كهيئة منضبطة من المعرفة، وإنتاج أدوات جديدة وأفضل للتقدم الصناعي في كل مجال تقريبا من الحياة البشرية، بيئيا، سيطر البشر بشكل رئيس مزاولين الأعمال كالتعدين، وبناء السفن، وصناعة السكر واستخدمت موارد الأرض بشكل مفرط.

التغير البيئي واستمرارية البشر لتغيير بيئتهم

الحقبة السابعة: بين ١٧٥٠-١٩١٤ م، وهي فترة الثورة في السياسة، والصناعة، والزراعة، والنمو السكاني، والاتصالات، وتم فيها استخدام الوقود الأحفوري، والتصنيع، وظهرت فيها الديمقراطية، والإمبراطوريات الاستعمارية، التي كانت من العوامل الرئيسية للتغيير. أدت زيادة إزالة الغابات، وانتشار نفايات التعدين، وتلوث المياه والهواء على نطاق كبير، والأنواع غير المرغوبة من الاحياء، وانتشار الأمراض النباتية، والمجاعة مع خسائر فادحة في الارواح.

التغير البيئي واستمرارية البشر لتغيير بيئتهم

الحقبة الثامنة، ١٩١٤ -١٩٤٥ م، وهي فترة طيران الإنسان وتحليقه في الجو مقاتلاً حيث قتل أكثر من ٤٥ مليون شخص في الحربين العالميتين الأولى والثانية، وأصبحت الأسلحة الحديثة أكثر فعالية، الإبادة الجماعية، أصبحت أمراً شائعاً ومروعاً، في المقابل كانت هناك انتشار للمعرفة والقراءة والكتابة وظهرت الاتصالات اللاسلكية، وأبرز علاج ومكافحة الأمراض الرهيبة . تغير وتطور العالم في الخير والشر، وسيطر الإنسان بالكامل تقريباً على

المحيط الحيوي للأرض، مع القدرة على تدميره بالطاقة النووية. أصبح الأثر البيئي الفردي واضحاً مع اكتساب "الأشياء" من قبل الملايين من الناس. إنتاج النفايات بدا فعلاً كصناعة ضخمة.

تدمير البيئة: غير البشر بيئتهم جذرياً

الحقبة التاسعة، ١٩٤٥م إلى الوقت الحاضر، شهدت زيادة تأثيرات الإنسان على الأرض وربما يكون أهم "مساهمة" لعصرنا، النمو الضخم في أعداد السكان وتطوير البنية التحتية، والصناعات الكيماوية، بحسناتها وسيئاتها، فمن سيئاتها في انتشار الأمراض، والزيادة الكبيرة في عدد السكان، والإفراط في استخدام الموارد المائية، وانقراض الأنواع بمعدل متزايد، وتلوث الهواء. تجلب التكنولوجيات المتقدمة المشاكل، ولكن أيضاً تجلب معها الحلول.

التغير البيئي: محاولة الإنسان الحد من الأضرار البيئية.

فكر في الآتي Think about it

التاريخ يبين أنه يمكن تغيير البيئة تغيرا جذريا، في بعض الأحيان، إلى الأبد، إذا لم يتم استخدام الضوابط المناسبة. هل تقع أي من المسؤوليات العالمية على البلدان المتقدمة في الإصرار والمساعدة في تطوير طرق وقائية جديدة للبيئة؟ هل نحن بحاجة إلى اتخاذ "أخلاقيات الأرض" Aldo Leopold و"أخلاقيات المياه" Sandra Postel إلى "أخلاقيات البيئة العالمي؟" مدى التحرك في القضايا البيئية؟ هل يمكننا أن نفعل أفضل؟

الملكية مقابل الإشراف Ownership vs. stewardship

سيطرة الإنسان على النباتات والحيوانات والموارد المائية، هل يعني ملكية أو إشرافاً! هل جميع الموارد الطبيعية متاحة لراحة البشر، وأننا نملك الحق في استخدامها لأغراض الجنس البشري؟ بدلا من ذلك، هل لدينا مسؤولية أخلاقية لحماية هذه الموارد للأجيال القادمة؟ غالبا ما يكون بعض مديري موارد الغابات والمراعي، أو مصائد الأسماك المعنية مهتمين بحماية هذه الموارد لتحقيق مكاسب اقتصادية مستقبلية فقط، يرى آخرون أن النباتات والحيوانات لها قيمة لأغراض أخرى غير الاستهلاك الآدمي، هولاء المحافظون على البيئة يسعون جاهدين للمحافظة على الطبيعة لجمالها الطبيعي، أو لأغراض خاصة بها، بغض النظر عن أي فائدة للبشر [٣٢].

في عام ١٩١٨م، صرح ليون تروتسكي Leon Trotsky، الثوري الروسي، يأت "الهدف الصحيح للشيوعية هو الهيمنة على الطبيعة عن طريق التكنولوجيا وهيمنة التكنولوجيا عن طريق التخطيط، بحيث إن المواد

الخام من الطبيعة ستحقق للبشرية كل ما تحتاج وأكثر". تتابعت الكوارث البيئية على مدى عقود تحت الحكم الشيوعي.

النمو السكاني البشري هو السبب الرئيسي لزيادة استغلال الموارد والانقراض البيولوجي في جميع أنحاء العالم، وقد أدت الحاجة إلى الغذاء والماء والملابس إلى تطوير الري، وترويض الحيوانات، وإزالة الغابات. زادت النشاطات البشرية المرتبطة بتطوير مصادر المياه واستخدامها من الضغط على النظم البيئية في جميع أنحاء العالم، وقد أدى هذا إلى أن ما بين ثلث ونصف سطح الأرض يتغير من خلال النشاط البشري [٣٣]. ما هو مستوى المحافظة على البيئة التي يمكن أن تمارسها؟

فكر في الآتي ***Think about it***

هل قيمة الحياة للحيوان والنبات مساوية لتلك التي للبشر؟

بالنظر في مثالين:

(١) في عام ١٩٧٤م، وقع حادث مأساوي عندما غرقت سفينة قبالة الساحل الشرقي للولايات المتحدة، تخلى ستة أشخاص وكلبهم من نوع Labrador الذي يزن ٣٦ كيلوجراماً (٨٠ رطلاً) عن السفينة. مساحة قارب النجاة محدودة. بغض النظر، أبقى قبطان السفينة كلبه في قارب النجاة الضيق في حين أرغم ثلاثة من البحارة على السباحة في المياه المتجمدة للمحيط الأطلسي، بعد تسع ساعات، لقي اثنان من البحارة حتفهما، ولكن تم إنقاذ الآخرين، بما في ذلك كلب الـLabrador في السنة التالية، طلب من قائد السفينة أن يمثل أمام المحكمة الأتحادية في وفاة أفراد الطاقم، قال لهم ببساطة إنه لا يمكن أن يضحي بكلبه، وخشي أن ينقلب قارب النجاة في حال أخذ باقي أفراد الطاقم الثلاثة الآخرين، ولم توافق المحكمة، بل وجهت إليه تهمة القتل الخطأ. هل تتفق مع حكم المحكمة؟ لماذا أو لماذا لا؟

(٢) هل للأشجار صفة قانونية باعتبارها كيانات تستحق الحماية؟ واجهت المحكمة العليا الأمريكية قراراً له أبعاد تاريخية في عام ١٩٧٢ فيما يتعلق بحقوق الأشجار. تنطوي الدعوى على طلب من شركات والت ديزني للحصول على تصريح من دائرة خدمات الغابات في الولايات المتحدة، لتطوير منتجع للتزلج في منطقة برية تسمى "وادي ملك المعادن Mineral King Valley " في ولاية كاليفورنيا، وقد وقف نادي سييرا ضد المشروع، ولكن في نهاية المطاف، قضت المحكمة العليا في الولايات المتحدة ضد نادي سييرا (١٩٧٢)، وأن نادي سييرا لم يكن لديه حق الوقوف ضد المشروع، وأنه لن يتأثر مباشرة من هذا

العرض، وتركزت المداولات على السماح للأشجار بأن تمثل أمام محكمة قانونية ولماذا لا تتوفر الصفة القانونية للأجسام الطبيعية؟ انقسم قرار المحكمة العليا على الحكم (مع تصويت أغلبية ضئيلة من ٤-٣)، القاضي ويليام دوغلاس (William O. Douglas) أبدى معارضته للأقلية [٣٤]:

السؤال الحرج عن "المثول أمام المحكمة" يمكن أن يبسط ويوضح بدقة جيدة حيث إذا تم تلطيف الدور الفيدرالي بأنه يمكن السماح بالتقاضي في القضايا البيئية أمام الوكالات الفيدرالية، أو المحاكم الفيدرالية باسم الكائنات غير الحية بأنها على وشك أن تقطَّع، وتشوَّه، أو تُغزَى من الطرق والجرافات والإصابة وهي كانت موضوعاً للغضب الشعبي، وينبغي الاهتمام العام بحماية التوازن البيئي الطبيعي حيث يؤدي إلى قبول مثول الكائنات البيئية أمام المحاكم لرفع دعوى للمحافظة عليها.

هناك علاقة مباشرة بين قضايا الموارد المائية، هل من حق البشر تحويل واستخدام المياه السطحية حتى لو كان يؤثر سلباً على مأوى النباتات والحيوانات في المصب؟ ماذا سيحدث إذا فقد نوع كامل من الأحياء بسبب استخدام الإنسان للمياه؟ هل للبشر الحق في تلويث المياه الجوفية، أو السطحية، حتى في الحد الأدنى، إذا كان استخدام المياه ضرورياً لاستمرار حياة الإنسان؟ منذ القدم، عدلت واستخدمت المياه والبيئة لتلبية احتياجات البشر، هل هناك نقطة تلاقٍ حيث احتياجات البيئة تفوق احتياجات البشر؟ هل هناك فرصة حيث احتياجات البيئة تفوق احتياجات البشر؟ هناك بالتأكيد فرصة بحيث الموارد لم تعد قادرة على دعم استخدامها، هل ذهبنا بعيدا قبل اتخاذ أي إجراء إيجابي؟ هذه هي المواضيع مدار في الفصول القادمة.

ملخص الفصل Summary points

- تطوير الزراعة، وخاصة الزراعة المروية، هو مكون أساسي من مكونات الحضارة.
- تطورت أنظمة مياه الشرب وشبكات الصرف الصحي بزيادة نمو المستوطنات البشرية في الحجم والعدد.
- كانت آبار المياه الجوفية والقنوات من أوائل أنظمة توصيل المياه التي لا تزال تستخدم حتى اليوم.
- ليس بالضرورة أن البشر عاشوا في وئام مع الطبيعة، فقد تسبب النشاط البشري في تعرية التربة والتصحر حتى خلال العصور القديمة.
- تستخدم الظروف المناخية المرتبطة بالمجتمعات النباتية والحيوانية لتصنيف تاريخ الأرض إلى فترات جيولوجية محددة.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١. لماذا كانت هناك ضرورة للزراعة المروية لازدهار الحضارة في العصور القديمة؟

٢. ما نوع أنظمة المياه الصالحة للشرب والصرف الصحي التي تطورت مع نمو المستوطنات البشرية؟

٣. كيف تم بناء القنوات qanat ؟

٤. كيف تسبب أوائل البشر بالضرر البيئي لكل ما يحيط بهم؟

٥. هل توافق على أن المجتمع الحديث يقوم بعمل أفضل لحماية بيئة الماء من البشر الأوائل ؟ لماذا أو لماذا لا؟

لمزيد من القراءة

Hillel, Daniel, 1994, *Rivers of Eden: The Struggle for Water and the Quest for Peace in the Middle East,* Oxford: Oxford University Press.

Hughes, J. Donald, 1975, *Ecology in Ancient Civilizations,* Albuquerque, N.M.; University of New Mexico Press.

Michener, James A., 1965, *The Source,* New York: Random House. Outwater, Alice, 1996, *Water: A Natural History,* New York: Basic Books.

Smith, Norman, 1972, A *History of Dams,* Secaucus, N.J.: Citadel Press.

Stiling, Peter, 1999, *Ecology: Theories and Applications,* 3rd edn, Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall.

White, Gilbert F., David J. Bradley, and Anne U. White, 1972, *Drawers of Water: Domestic Water Use in East Africa,* Chicago, 111.: University of Chicago Press.

Wulff, H.E., 1968, "The Qanats of Iran," *Scientific American,* April 1968.

References

[1] Hillary Mayell, 2005, "Neanderthals, hyenas fought for caves, food, study says," *National Geographic News,* http://news.nationalgeographic. com/, May 3

[2] J. Donald Hughes, 1975, *Ecology in Ancient Civilizations,* Albuquerque, N.M.: University of New Mexico Press, p 22

[3] James A. Michener, 1965, *The Source,* New York: Random House, p 93

[4] Hughes, *Ecology in Ancient Civilizations,* pp 25-6

[5] Daniel Hillel, 1994, *Rivers of Eden: The Struggle for Water and the Quest for Peace in the Middle East,* Oxford: Oxford University Press, pp 44-5

[6] World History Project, "Ancient civilizations," http://history-world. org/ancient_civilization.html, May 2006

[7] Norman Smith, 1972, *A History of Dams,* Secaucus, N.J.: The Citadel Press, pp 7-8.

[8] World History Project, "Ancient civilizations"

[9] Luna B. Leopold, and Kenneth S. Davis, 1966, *Water,* New York: Time Inc., p 122

[10] The Public Broadcasting Service (PBS), NOVA Online, "The hanging gardens of Babylon," http://www.pbs.org/wgbh/nova/sunken/wonders/ ans24.html, April 2006

[11] Hughes, *Ecology in Ancient Civilizations,* pp 34-5

[12] Hughes, *Ecology in Ancient Civilizations,* pp 30-1

[13] Hillel, *Rivers of Eden,* pp 46-7

[14] Hillel, *Rivers of Eden,* p 51

[15] Hughes, *Ecology in Ancient Civilizations,* pp 37-8

[16] The British Museum, "Indus Valley," http://www.ancientindia.co.uk/ indus/index.html, August 2006

[17] Hughes, *Ecology in Ancient Civilizations,* pp 35-6

[18] The History Channel, "Huang He," http://www.thehistorychannel.co.uk, August 2006

[19] H.E. Wulff, "The qanats of Iran," *Scientific American,* April 1968, p 94

[20] H.C. Butler, 1902, *The Story of Athens,* New York: Century Croft, pp 74-7, as cited in C.F. Tolman, 1937, *Ground Water,* New York: McGraw Hill, p 593

[21] American Water Works Association, "Brief history of drinking water," http://www.awwa.org/Advocacy/learn/info/HistoryofDrinkingWater. cfrn, June 2006

[22] Vitruvius: *The Ten Books on Architecture,* 1914, translated by Morris Hicky Morgan, Cambridge, Mass.: Harvard University Press

[23] Gilbert F. White, David J. Bradley, and Anne U. White, 1972, *Drawers of Water: Domestic Water Use in East Africa,* Chicago, 111.: University of Chicago Press, p 3

[24] Leopold *et al, Water,* p 121

[25] J.M. Diamond, 1986, "The environmental myth," *Nature,* 324, pp 19-20

[26] Alice Outwater, 1996, *Water: A Natural History,* New York: Basic Books, pp 5-6

[27] Outwater, *Water,* p 32

[28] Government of Canada, *Canadian Heritage,* http://www.pch.gc.ca/progs/ cpsc-ccsp/sc-cs/ol_e.cfm, August 2006

[29] Peter Stiling, 1999, *Ecology: Theories and Applications,* 3rd edn, Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall, p 30

[30] Stiling, *Ecology,* p 85

[31] Stiling, *Ecology,* p 66-7

[32] Carl F. Jordan, 1995, *Consen'ation: Replacing Quantity and Quality as a Goal for Global Management,* New York: John Wiley and Sons, p 7

[33] Stiling, *Ecology,* p 3

[34] Sierra *Club* v. *Monon,* Secretary of the Interior, 405 U.S. 727 (1972)

الفصل الثالث

الدورة المائية

The Hydrologic Cycle

توجد المياه حولنا في شكل أو آخر، وفي كل وقت، وفي كل مكان. إيفلين بيلو Evelyn C. Pielou ، عالم البيئة الرياضية (١٩٢٤)[١]

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- المقدمة
- الدورة المائية
- الطقس والمناخ وظاهرة النينو، والنينا
- الدورة المائية والبيئة الطبيعية
- الدورة المائية والبيئة البشرية

المقدمة

Introduction

تحيط المياه بنا فعلياً. الماء موجود في الهواء الذي نتنفسه باعتباره بخار ماء غير مرئي وقطرات سائلة صغيرة، والمياه كسائل يملأ الجداول والخلجان والأنهار والأراضي الرطبة والطبقات الحاملة للمياه الجوفية، والمحيطات

الشاسعة، وكذلك موجودة في التربة تحت أقدامنا. المياه بصورة مجمدة تشكل القمم الجليدية في القطبين، والجبال الجليدية، والأنهار الجليدية الجبلية، ويتألف حوالي ٨ ٪ من سطح الأرض بطبقة مغطاة من الثلج بعمق ٢ متر (٧ أقدام).

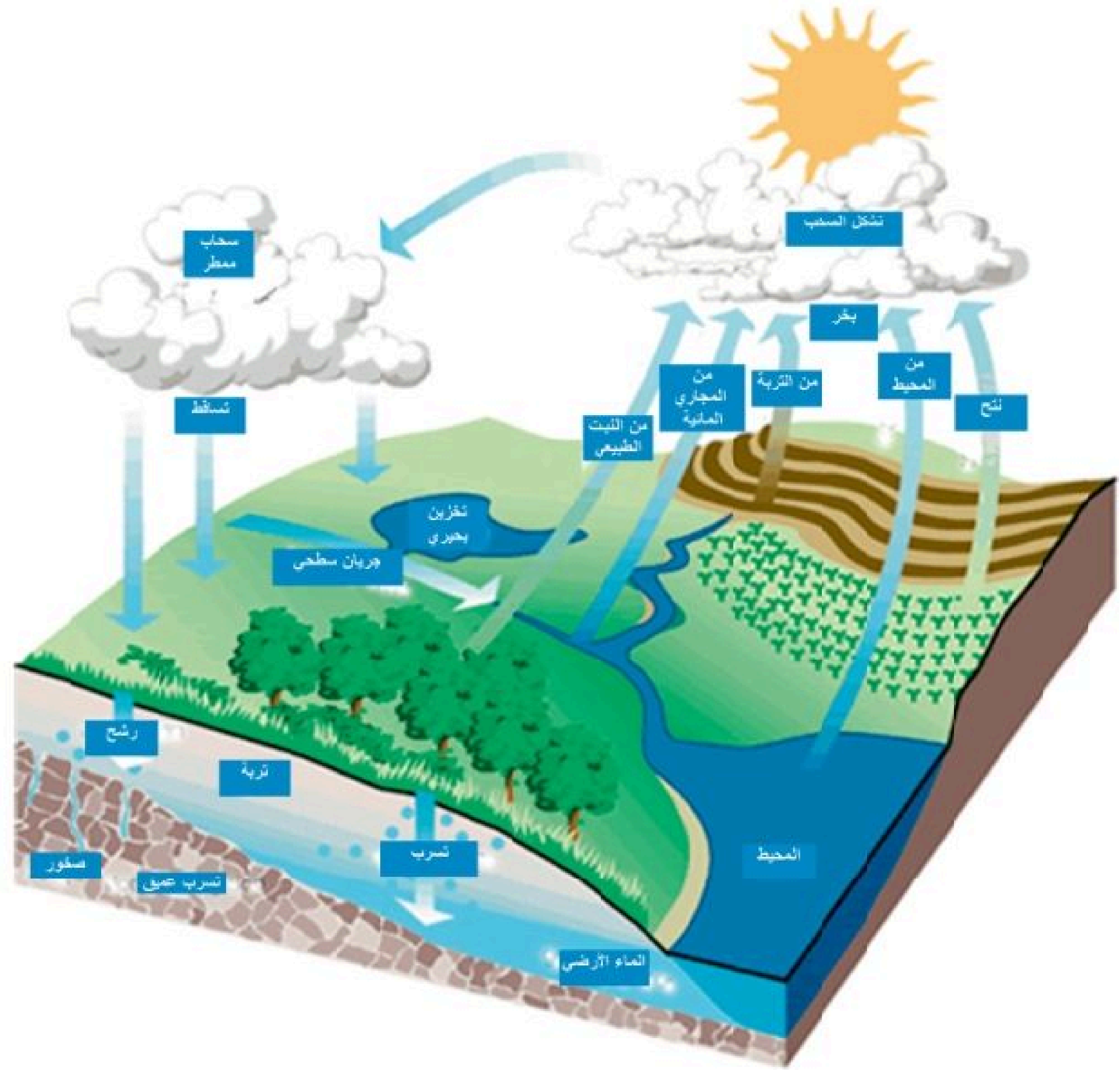
كوكب الأرض هو كوكب المياه، في عام ١٩٧٢م، قام رواد الفضاء في أبولو١٧ بتصوير الأرض من الفضاء بالكامل وبالألوان، لقد شاهد العالم لأول مرة كرة جميلة من المياه الزرقاء والسحب البيضاء متشكلة من البني والأخضر من عالم الألوان، سابحة في الفضاء، كانت الصورة ولا تزال صورة مثيرة، تعلمنا في المدرسة الابتدائية أن الماء والسوائل المجمدة تغطي نحو ٧٥ ٪ من سطح الأرض، هذه الصورة من الفضاء حقيقة حية عن الماء في الارض.

المفاهيم المتعلقة بوجود الماء "في كل وقت وكل مكان" يمكن أن توضح من خلال النظر في صور الماء الثلاثة الصلبة والسائلة والغازية في سياق الدورة المائية، نحن جميعاً على دراية بهذا المفهوم.

الدورة المائية

The Hydrologic Cycle

تصف الدورة المائية الحركة المستمرة للماء على سطح الأرض، من خلال التربة والمواد الجيولوجية في الغلاف الجوي، وهي عملية توضح كيفية تحرك الماء على، في، وفوق الأرض (انظر الشكل ١ ,٣). تتم إعادة استخدام المياه وتدوير هذا النظام وتنقيته باستمرار على الأرض في هذه العملية. هذا النظام الديناميكي للمياه مدعوم من الطاقة الشمسية، الذي يقود إلى التبادل المستمر لجزيئات الماء بين الغلاف الجوي والمحيطات، والأرض. المكونات الرئيسية للدورة الهيدرولوجية هي التبخر / النتح، والتكثيف، والتساقط، والجريان السطحي، والتخزين [٢]. الدورة المائية مستمرة بصورة دورية، ويمكن أن نبدأ مناقشتنا من أي عنصر منها وسنبدأ بالغلاف الجوي (انظر الشكل ٢ ,٣).



شكل ٣,١ الدورة المائية.

الصيغة الكيميائية الأكثر تميزاً هي أن المياه، H_2O، تتكون من اتحاد بقوة من ذرتين من الهيدروجين وذرة أوكسجين، يتحد جزيء الماء المنفرد مع جزيئات الماء مع بعضها بعضاً لتكوين الماء السائل في عملية تسمى التماسك، عندما يتم تسخين السائل، تبدأ جزيئات الماء بالتحرك والتفكك، مما يسمح في نهاية المطاف لبعض الجزيئات للهروب في شكل بخار، أو المياه الغازية، هذه هي عملية التبخر وهي ليست عملية بسيطة. يتأثر معدل التبخر بكمية الحرارة المتوفرة والضغط الجوي.

نقطة الغليان حيث صور الماء السائلة وبخار الماء في حالة توازن. الضغط الجوي قرب سطح الأرض عند مستوى سطح البحر، هو كيلوغرام واحد لكل سنتيمتر مربع (١٤,٧ رطل لكل بوصة مربعة). يتكون هذا الضغط من قبل الكثافة وهي كتلة وحدة حجم من الهواء الضاغط إلى أسفل. الضغط الجوي له تأثير في دفع جزيئات الماء إلى أسفل، وتحت قوة الجاذبية، وتباطؤ هروب الجزيئات إلى الهواء، والنتيجة هي بسيطة، فارتفاع الضغط الجو في يقلل من معدل التبخر.



شكل ٣,٢. السحب في شهر يونيو تتحول إلى سحب رعدية. تتكون السحب عندما يتكثف بخار الماء في الطبقة العلوية الباردة من الغلاف الجوي.

(الصورة من Karrie Pennington).

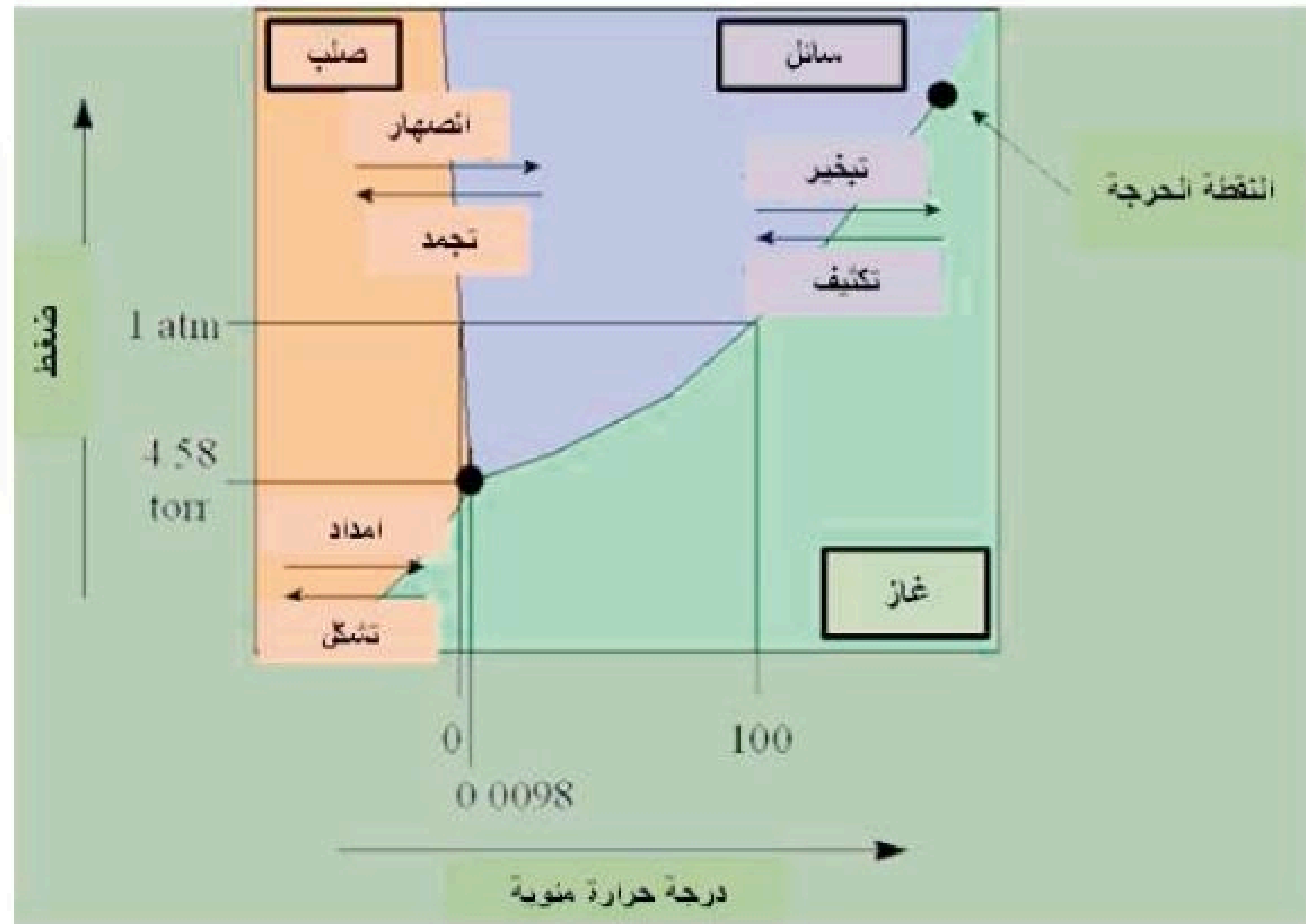
فكر في الآتي Think about it

هل سبق لك تسلق المرتفعات العالية والرغبة لتناول وجبة ساخنة؟ هل لاحظت أنه يستغرق وقتا أطول لطهي الطعام، على الرغم من غلي الماء؟ ينخفض الضغط الجوي عند الارتفاعات العالية، الذي يسمح لغلي الماء في درجات حرارة منخفضة، على سبيل المثال، إذا كنت تعيش في مدينة مرتفعة عن سطح البحر بميل واحد مثل دنفر، كولورادو (الارتفاع ١٦٠٩ أمتار، أو ٥٢٨٠ قدماً)، فسيغلي الماء عند ٩٥ ° م (٢٠٣° ف). يأخذ طهي الطعام وقتا أطول عند انخفاض درجة الحرارة هذه بسبب الارتفاع العالي، على النقيض من ذلك، فإن طهي الطعام نفسه في مدينة نيو أورليانز يستغرق وقتا أقل بسبب قربها من مستوى سطح البحر، هناك، يغلي الماء عند ١٠٠ ° م (٢١٢° ف).

تغير المواد الذائبة في الماء مثل الأملاح من خواص الماء، على سبيل المثال، وجود الأملاح في الماء يزيد من درجة حرارة غليان الماء، ويخفض من درجة حرارة التجمد، يحدث ذلك على مستوى بسيط، لأن الأملاح تخفف من جزيئات المياه، جزيئات الملح في حجم معين من المياه، تخفض من عدد جزيئات الماء في حجم الماء المعطى، هذه العملية الفيزيائية مهمة جدا فإذا قمت بإضافة الملح إلى الثلج لتجمَّدَ الآيسكريم بصورة أسرع، وذلك لأن درجة حرارة التجمد أكثر برودة. تأثير الملوحة، على الدورة المائية غير ذي أهمية كونه صغيراً جدا.

يعتمد التبخر على حجم سطح الماء، أو مساحة السطح، وتختلف معدلات التبخر من المحيطات والبحيرات مقارنة بالبرك والمستنقعات، لأن التبخر يحدث على سطح الماء. تسمح المساحة الكبيرة من المسطح المائي بمزيد من تدوير الهواء، و يحرك الهواء جزيئات بخار عن سطح الماء قبل العودة إلى صورة سائل، ولذلك، فأن مساحة سطح الماء والرياح يؤثران معا في معدلات التبخر، كما يتأثر التبخر بكمية المياه الموحودة فعليا في الهواء،

الاشخاص الذين يعيشون في مناخ رطب يدركون أن معدلات التبخر أقل عند زيادة الرطوبة النسبية، ويشعر كل من النباتات والحيوانات، والبشر بسخونة الجو لأن عملية التبخر تستخدم الحرارة، وهذا ما يسمى بعملية امتصاص للحرارة، أو التبريد (endothermic). تؤدي الرطوبة النسبية العالية إلى إبطاء تأثيرات التبريد الطبيعية لعملية التبخر، هذا ما يجعلنا غير مرتاحين بسبب عدم تبخر العرق من أجسامنا وآليات التبريد النباتية والحيوانية بالمثل أبطأ.



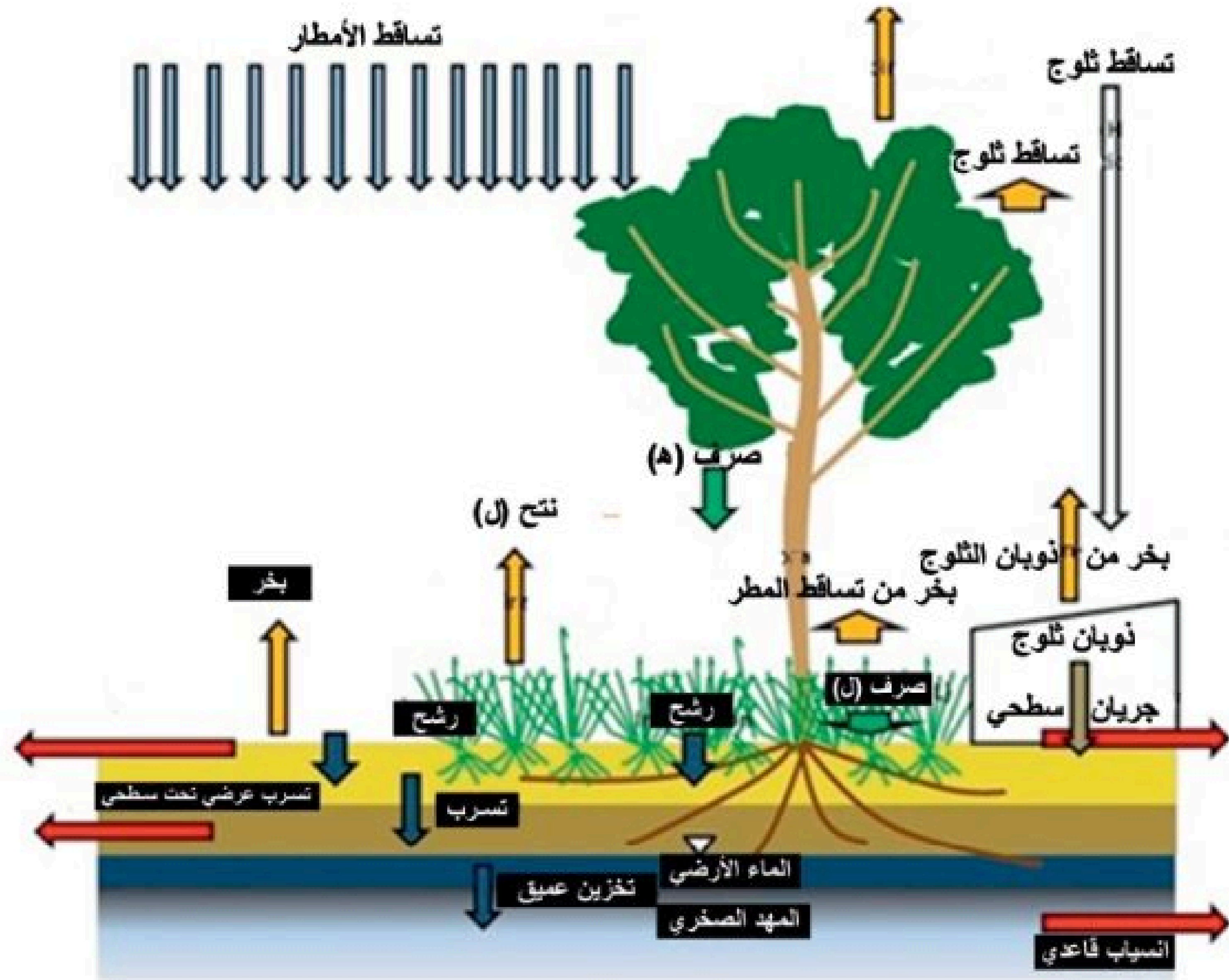
شكل ٣,٣. منحنى العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة لصور الماء الثلاثة.

وللتلخيص، تتأثر معدلات التبخر بكمية الحرارة، والمساحة السطحية للمسطح المائي، والضغط الجوي، وظروف الرياح، والرطوبة النسبية. وتزيد ارتفاع الحرارة، وتحرك الرياح من معدلات التبخر بينما ارتفاع ضغط الغلاف الجوي والرطوبة النسبية تخفض معدلات التبخر.

يمكن أن يتحول الماء مباشرة من الطور الصلب (الثلج) . وتسمى هذه العملية التسامي، يحدث ذلك عندما تتعرض جزيئات الماء في في صورة جليد إلى بخار ماءدون المرور بحالة الماء السائل، يحدث ذلك عند الضغط الجوي المنخفض مع درجات حرارة أقل من ٠ °م (٣٢ °ف). يفسر التسامي بأنه التقلص التدريجي للثلوج على الرغم من أن درجات الحرارة دون الصفر تظل لفترة طويلة، الرسم البياني (الشكل ٣,٣) يبين نطاقات درجة الحرارة والضغط للمراحل الثلاث للماء، وقد أظهرت الأبحاث أن ما يقرب من ٩٠ ٪ الرطوبة في الغلاف الجوي

مصدرها التبخر من المحيطات والبحار، وغيرها من المسطحات المائية (الأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة) [٣].

ما تبقى من ١٠٪ من بخار الماء الموجود في غلاف الكرة الأرضية ناتج عن النباتات من خلال عملية البخر ـ نتح (Evapotranspiration ET). هذا الفقد من الماء عن طريق التبخر من النباتات وبمساعدة النتح، والسبب في الجمع بين التبخر والنتح هو أنه من الصعب الفصل بين العمليتين (انظر الشكل ٣,٤). في عملية النتح يصعد الماء إلى سطح النبات حيث يمكن أن يحدث التبخر، وتستخدم النباتات المياه باعتبارها الناقل الداخلي وكذلك كنظام التبريد. تأخذ الجذور المياه والمواد المغذية من التربة عن طريق التناضح، مسببة منطقة جهد مائي مرتفع، والماء المتبخر من أسطح النباتات يسبب منطقة جهد مائي منخفض. يتحرك الماء من المناطق ذات الجهود العالية جذور إلى مناطق ذات جهود منخفضة على سطح الورقة، ويتحرك من خلال الأنسجة الوعائية، وإلى الأوراق، وخارج الأوراق من خلال المسام الصغيرة (الثغور) على الجانب السفلي من الورقة، التي ترتبط بالأنسجة الوعائية.



شكل ٣,٤. البخر–نتح يزامن مع النتح والتبخر من سطح النبات. يتحرك الماء إلى سطح أوراق النباتات عن طريق النتح ويفقد بصعوده إلى الجو عن طريق التبخر.

في العمق **In Depth**

تسمى عملية تدفق المياه من المناطق ذات الجهود المرتفعة إلى مناطق منخفضة الجهود بالحركة السلبية، تخيل المثال التقليدي لحركة المياه من أعلى شلال، المياه في الجزء العلوي من السقوط لديها طاقة جهد عال، أو القدرة على التدفق، بعد وصول المياه إلى أسفل الشلال، فطاقة الجهد، أو القدرة على التدفق، انخفضت إلى حد كبير، يتم قياس الجهد المائي [الطاقة/الحجم]، أو الضغط، بوحدات البارات، الضغط الجوي(atm) أو ميجاباسكال (MPa).

1 bar = 1 atm = 0.1 MPa

الجهد المائي الكلي ($Ý_w$) والجهد الاسموزي ($Ý_o$)، وجهد الضغط ($Ý_p$)، والجهد الماتري (النسيج) ($Ý_m$)، وجهد الجاذبية ($Ý_g$). الجهد الاسموزي هو قدرة المحلول على سحب الماء إليه عندما عندما يكون مفصولاً عن محلول آخر عن طريق غشاء نصف منفذ، ويعتمد الجهد الاسموزي على تركيز المواد المذابة، وهي عادة الأملاح. في المحلول (يتحرك الماء من التركيز المخفف إلى التركيز المرتفع)، وجهد الضغط هو مقياس لمدى الضغط، أو التوتر الذي يؤثر في تدفق المياه (تدفق المياه من الضغط الأعلى إلى الأقل). يشير الجهد الماتري إلى القوة التي يمسك بها الماء في طبقة رقيقة واحداً أو جزئين اثنين من جزيئات الماء على سطح جاف، ينشئ هذا الجهد نقصاً في الطاقة الحرة للماء (وجود أي من المواد الصلبة يمكن أن يقلل من معدل تدفق المياه). جهد الجاذبية هو تأثير الجاذبية على تدفق المياه حيث يتدفق الماء من أعلى إلى أسفل.

يتم التحكم بمعدلات البخر-نتح بعدة عوامل مماثلة لأوجه التبخر، ويساعد جود الطاقة الحرارية من الشمس، والمياه المتوفرة، ونسبة تدرج الرطوبة على انتشار الهواء لإزالة بخار الماء، (التدرج هو مجرد تغيير في شيء واحد بالنسبة للآخر.) التدرج في الرطوبة، التي تسمح لتبخر المياه، يحدث عندما تكون الرطوبة على سطح أوراق النبات أعلى من الرطوبة في الهواء المحيط.

النقاش العلمي هو شيء شائع. يساعد النقاش على توضيح الأفكار القديمة، وإيجاد افكار جديدة، وتوفير السبل لتحسين البحث في المشكلة. مناقشات المجتمعات العلمية تعمل على إعادة صياغة أفكارهم.

كيف يتحرك الماء خلال النباتات هو موضوع للنقاش والتجربة والمناقشة لسنوات عديدة. مفاهيم التماسك، الضغط الجوي، والحركة الشعرية لا تفسر بشكل فردي كيف يصل الماء إلى قمم الأشجار العالية. نظرية التماسك والشد، أول من اقترحها في عام ١٩١٤ هو ديكسون H.H. Dixon [٤]، حيث يشير إلى أن النتح عملية "تسحب" المياه إلى أعلى الأشجار. ولقد أوضح ديكسون أنه نتيجة لتبخر جزيء الماء، فإنه يقوم بسحب جزيء آخر وهكذا دواليك حتى أعلى الشجرة. تم قبول هذه النظرية من قبل العديد من العلماء، ورفضت من قبل الآخرين، إلا أن المبادئ الأساسية ما زالت سارية. لتلمطالعة تاريخية لهذه المناقشة، يرجى زيارة قسم فسيولوجيا النبات وقراءة المقال على الإنترنت [٥].

التبخر، والنتح، والبخر-نتح، والتسامي، والانبعاثات البركانية، وربما النيازك كلها تعتبر من مياه الغلاف عنصر مهم، يمكن للنباتات ان تنتح نسبة تصل إلى ٩٨ ٪ من المياه التي تأخذ في طريقها إلى التناضح. يمكن لأشجار البلوط الكبيرة أن تنتح ما مقداره ١٥٠٠٠٠ لتر (٤٠٠٠٠ جالون) من المياه سنويا، إن مساحة ٠,٥ هكتار (١ ايكر) من الذرة يمكن أن تنتح ١٥٠٠٠ لتر (٤٠٠٠ جالون) في يوم واحد.

بعد أن يصل بخار الماء إلى الغلاف الجوي السفلي، ترفعه تيارات الهواء إلى أعلى، هذه الحركة الرأسية للرطوبة، في كتل هوائية كبيرة، هي عامل رئيسي في حدوث التساقط، وكلما زادت الرطوبة مع

الارتفاع، تنخفض درجة الحرارة وتبرد قطرات الماء والجزيئات في الجو، وعند درجة حرارة وارتفاع معين، تحدث عملية التكثف عندما تتغير صورة بخار الماء. من الغاز إلى السائل، مكونة قطرات الماء، يمكن لقطرات الماء هذه التجمع مع بعضها بعضاً لتكون الغيوم الثقيلة التي تكبر مع الرطوبة منتجة التساقط (المطر والثلج والصقيع والبرد والمطر والأمطار المتجمدة). هذا هو الأسلوب الأساسي لانتقال بخار الماء من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض.

عندما يصل التساقط إلى سطح الأرض، يمكن أن يأخذ عدة مسارات، أولا، أن يتبخر فورا والعودة مباشرة إلى الغلاف الجوي في صورة بخار، لمواصلة الدورة المائية، الثانية، يمكن أن تتسرب بعض الأمطار في باطن الأرض، وخلق رطوبة في التربة حيث تستهلكها النباتات (مثل الأشجار والشجيرات والمحاصيل أو المراعي) (انظر الشكل ٣,٥). هذه الطبقة

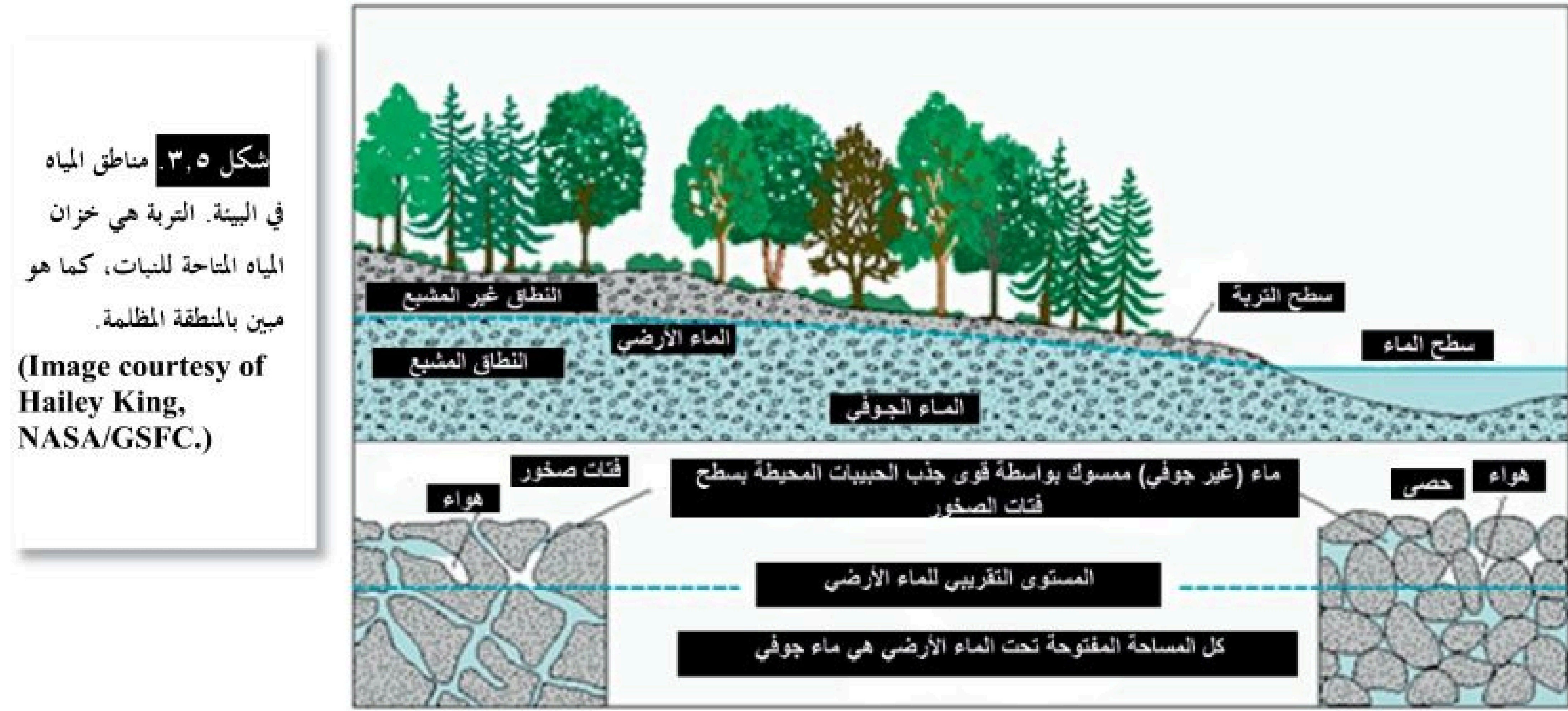
يميل العلماء إلى وجود الدليل الذي يسمح لك بتعزيز فرضية طالما يمكنك التدليل علميا على أفكارك بالبيانات، وإن العلماء الاخرين يمكنهم تكرار النتائج. إن هذا لا يعني، مع ذلك، أن الأفكار الجديدة لن تكون سخرية.

الأستاذ الدكتور لويس فرانك أستاذ الفيزياء بجامعة ولاية أيوا والمؤلف المشارك معه، الباحث العلمي الأقدم (جون سيجورث John B. Sigwarth)، حصلا على انتقادات شخصية فضلاً عن الانتقادات المهنية لنشر النتائج التي توصلا إليها فيما يتعلق بدخول المياه للغلاف الجوي للأرض من النيازك [٦]. قبل حوالي ١٩٨٦م، يعتقد العلماء عموما بأن جميع المياه الموجودة على الأرض اليوم تكون عندما تم تشكيل الأرض. الفرضية بسيطة الماء هو حجم ثابت ١,٤ بليون كيلومتر مكعب (٣٣٥,٩ مليون كيلومتر مكعب) من خلال الدورة اليهدرولوجية بأطوارها المختلفة، ولكن لا تكتسب ولا تفقد أي حجم.

اليوم، العديد من العلماء اتفق مع فرانك وفرضية سيجورث. إنهم يعتقدون [٧] أن المذنبات الصغيرة مثل "كرات الثلج" وبحجم المنازل الصغيرة تدخل إلى الغلاف الجوي للأرض كل بضع ثوان. هذه ٢٠ -٤٠ طناً "كرات الثلج" تسقط بمعدل حوالي واحد كل ٣ ثوان، ومن شأن هذا التساقط أن يوفر حوالي ٢,٥ سم (واحد بوصة) من الماء عبر سطح الأرض كل ٢٠٠٠٠ عام. قد لا يبدو أنه ماء كثير، ولكن إذا حدث هذا لعمر الأرض كله – ٤,٦ مليون/سنة يمكن أن تشكل معظم مياه الأرض. كان هذا في عام ١٩٨٦م فكرة متطرفة، ولكن اكتسبت القبول من الكثير من العلماء. كمية الماء في الغلاف الجوي ليست كبيرة (فقط ١٢٩٠٠ كيلومتر مكعب، أو ٣١٠٠ ميل مكعب) ٠,٠٠١ في المئة من جميع المياه الموجودة على الأرض. إذا سقط كل ذلك على شكل أمطار، فإنه يغطي عمق ٢,٥ سم (١ بوصة) من سطح الأرض[٨].

على المستوى العالمي يتساوى التساقط مع التبخر. ومع ذلك، عادة ما يتجاوز التساقط التبخر على اليابسة، في حين يتجاوز التبخر التساقط فوق المحيطات. يتم تصحيح هذا التناقض من خلال تدفقات المياه السطحية من القارات. هذه التدفقات والتساقط تعوض المحيطات بالمياه التي فقدتها في عملية التبخر. ذوبان الثلوج عملية مهمة في الدورة المائية. فالثلوج التي تتساقط على ارتفاعات عالية، أو في مناطق خطوط العرض الوسطى مع درجات حرارة موسمية أكثر برودة، تعمل بمثابة خزان تخزين المياه المجمدة. عندما تكون درجات الحرارة أكثر دفئا في الربيع، يبدأ تدفق ذوبان الثلوج في الروافد، والجداول، والأنهار لتعزيز تدفقات الأنهار، ويمكن تعويض منسوب المياه في البرك والمستنقعات والبحيرات، والخزانات، والمياه الجوفية.

من التربة، أسفل سطح الأرض مباشرة، تسمى نطاق التهوية (وتسمى أيضا المنطقة غير المشبعة). يمكن ملء جزء كبير من هذه الطبقة من الهواء والماء، في المناطق المناخية الجافة جداً منها بالهواء في المقام الأول. الطبقة الجيولوجية تحت الطبقة غير المشبعة يمكن أن تتشبع بالماء، وتسمى المنطقة المشبعة، ومن المعروف أن الماء الموجودة في هذه الطبقة هو المياه الجوفية، وتسمى المنطقة التي تلتقي فيها منطقة التهوية مع المنطقة المشبعة بمنطقة منسوب المياه الجوفية، أو مستوى الماء الأرضي، والحد الفاصل بين هاتين المنطقتين يرتفع وينخفض حسب مستوى المياه الجوفية سواء الزيادة، أو النقصان.



شكل ٣,٥ مناطق المياه في البيئة. التربة هي خزان المياه المتاحة للنبات، كما هو مبين بالمنطقة المظلمة.
(Image courtesy of Hailey King, NASA/GSFC.)

المسار الثالث المحتمل للتساقط بعد أن يصل على سطح الأرض في الأنهار والبحيرات والبرك والمستنقعات، وغيرها من المسطحات المائية. تقريبا كل الجريان السطحي للمياه التي تتدفق في نهاية المطاف إلى المحيط، ما لم يتبخر مرة أخرى إلى الغلاف الجوي، أو يتسرب إلى باطن الأرض.

في نهاية المطاف، يعود التساقط مرة أخرى إلى الغلاف الجوي ضمن الدورة المائية، ولكن الوقت الذي يتطلبه ذلك يمكن أن يختلف. يمكن أن يبقى التساقط لفترات طويلة كمياه جوفية، وفي المحيطات والأنهار الجليدية، أو ثلوج دائمة، يبقى الماء بهذه المواقع بصورة صلبة، أو سائلة لفترات طويلة، وحتى لقرون قبل أن يتبخر. الفترة التي تبقى فيها المياه كمياه سطحية، أو جوفية قبل أن تعود إلى الغلاف الجوي تسمى وقت الإقامة.

ذوبان الثلوج عملية مهمة في الدورة المائية، فالثلوج التي تتساقط على ارتفاعات عالية، أو في مناطق خطوط العرض الوسطى مع درجات حرارة موسمية أكثر برودة، تعمل بمثابة خزان لتخزين المياه المجمدة. عندما

تكون درجات الحرارة أكثر دفئا في الربيع، يبدأ تدفق ذوبان الثلوج في الروافد، والجداول، والأنهار لتعزيز تدفقات الأنهار، ويمكن تعويض منسوب المياه في البرك والمستنقعات والبحيرات، والخزانات، والمياه الجوفية.

الطقس والمناخ وظاهرة النينو، والنينا
Weather, Climate, El Nino, and La Nina

الطقس هو حالة الغلاف الجوي في وقت ومكان معين، وهذا يمكن أن يعني ظروفاً رطبة أو جافة، وعلامة على جوٍّغائم أو غير غائم، عاصف أو هادئ، ودرجات حرارة ساخنة، أو باردة، التي يمكن أن تبقي حالة الطقس ثابتة تقريبا لعدة أيام، أو قد يحدث تغيير جذري في غضون ساعات قليلة أو حتى دقائق. يمكن أن يشمل الطقس الأحداث مثل العواصف الرعدية، العواصف الثلجية، الأعاصير، موجات الحرارة والأعاصير، وسقوط البرد بغزارة. يمكن أن تكون الفيضانات والجفاف جزءا من أنماط الطقس المحلي والإقليمي، ولكن لا يمكن التنبؤ بذلك تماما.

على النقيض من ذلك، فالمناخ هو حالة الطقس التي يمكن أن تتوقع لأشهر وسنوات، وحتى قرون في المستقبل. يتكون مناخ منطقة ما من التفاعل بين الغلاف الجوي، والطبوغرافيا، والإشعاع الشمسي، والمحيطات.

قضية تغير المناخ العالمي هي قضية بيئية خطيرة تواجه المجتمع، ويحدث التغير المناخي بشكل طبيعي، ولكن يتأثر معدل التغير بالنشاط البشري. أشعة الشمس هي العامل المسيطر، حيث يعتمد مقدار أشعة الشمس التي تصل إلى الأرض على دورانها واتجاهها. مرت الكرة الأرضية خلال العصور الجليدية وفترات ارتفاع درجات الحرارة خلال المليون سنة الماضية بأحداث عدة. ويعتقد أن الفاصل الزمني تغير بنحو ١٠٠٠٠٠ سنة، فخلال العصر الجليدي الأخير (قبل حوالي ٧٠٠٠٠ إلى ١١٥٠٠سنة)، غطى الجليد الكثير من مناطق أميركا الشمالية وأوروبا، وعلى الرغم من أن المناخ السائد كان بارداً جداً في هذه المناطق، إلا أنه بشكل مفاجئ حدثت بعض التغيرات المناخية الحادة خلال هذه الفترة، العينات الجليدية في غرينلاند، على سبيل المثال، كانت تشير إلى ارتفاع درجات الحرارة السطحية في المنطقة بمقدار ٩° م (١٥° ف) في عشر سنوات فقط [٩].

الغازات الأكثر وفرة، الموجودة بشكل طبيعي تشمل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون – وبكميات صغيرة غاز الميثان والأوزون وأكسيد النتروجين، وتسمح هذه الغازات لضوء الشمس، والأشعة فوق البنفسجية ذات

الموجات القصيرة نسبيا (UV) والضوء المرئي (الطاقة الحرارية)، للوصول إلى الأرض، وتعكس ضوء الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة (الطاقة الحرارية تسمى Thermal IR) إلى الغلاف الجوي. تحجز الغازات هذه الطاقة بحيث تبقى الحرارة في الغلاف الجوي مما أدى إلى ارتفاع حرارة الأرض، وهذا ما يسمى ظاهرة الاحتباس الحراري Greenhouse effect. وهذا مهم جداً من الناحية المناخية لأنه يبقي درجة حرارة سطح الأرض حوالي ٣٢° م (٥٨ °ف) أكثر دفئا مقارنةً بحالة عدم وجود هذه الغازات. في جميع أنحاء العالم، يزيد متوسط درجة الحرارة، مع الزياده في الغازات المسببة للاحتباس الحراري بمقدار ٠,٧ °م (١,٣ °ف) [١٠].

من الصعب تفسير التغييرات في بخار الماء؛ لأن الهواء الدافئ يحمل أكثر بخار الماء من الهواء البارد، وبالإضافة إلى ذلك، تسبب الحرارة تبخر المياه، ولكن زيادة بخار الماء يؤدي إلى زيادة التساقط، هذا ما يطلق عليه العلماء "آلية التغذية المرتدة"، ينظم التساقط جزئيا إلى أي مدى يمكن للحرارة أن تغير من قدرة حفظ الماء في الهواء التي تسبب زيادة التبخر. العبارة التي استخدمناها سابقا هي أن "الطبيعة بسيطة ونادرة"، سوف تساعد البحوث على فهم أفضل لدور بخار الماء، وكيفية رصد التغيرات المناخية على المدى الطويل.

يتم تحرير غاز ثاني أكسيد الكربون من خلال التنفس وهو أيضاً المنتج النهائي للاحتراق. يصدر حرق، الوقود الأحفوري بما في ذلك النفط والفحم والخشب والغاز الطبيعي ثاني أكسيد الكربون إلى الجو. قبل الثورة الصناعية في أواخر القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر، كان تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ثابتاً نسبيا عند ٢٨٠ جزء في المليون (ppm). اليوم، المستوى زاد بنسبة ٣٠ ٪ إلى حوالي ٣٧٠ جزء في المليون، ومع ذلك، يمكن أن تحدث بعض التغيرات الموسمية، فقد يزداد انبعاث ثاني اكسيد الكربون نتيجة زيادة الغطاء النباتي خلال فصل النمو، ويقل هذا الانبعاث في فصل الشتاء لسبات النباتات.

ويتم إنتاج غاز الميثان من خلال العمليات اللاهوائية كما في مناطق إنتاج الأرز والأراضي الرطبة، كما يتم تحريره أيضاً من الغاز الطبيعي ومناجم الفحم، نطلق أيضا غاز الميثان من الماشية والحيوانات المجترة الأخرى كجزء من آلية الهضم، ومع ذلك، فإن تركيز غاز الميثان ثابت نسبيا، والتغيير من ١,٥٢ جزء في المليون بالحجم (ppmv) في عام ١٩٧٨م (عندما أصبحت التقنية متاحة لقياسه) إلى١,٧٧ (ppmv) في عام ١٩٩٠م، ولا يوجد أي تغيير منذ ذلك الحين.

يتكون الأوزون في طبقة الستراتوسفير (الطبقة التي تقع على ارتفاع ١٤-٢٢ كيلو متراً [٨-١٢ ميل] فوق سطح الأرض) عندما يتفاعل الأكسجين مع ضوء الأشعة فوق البنفسجية UV مكوناً طبقة الأوزون،

ويتحرك بعض الأوزون إلى طبقة التروبوسفير (وهي الطبقة السفلى للغلاف الجوي، ٨-١٥ كم [٥-٩ كيلومترات] فوق سطح الأرض، حيث تتشكل السحب ويحدث التساقط) انطلقت من انبعاثات العادم في القرن العشرين، وحرق الخشب، والانبعاثات الصناعية كميات كبيرة من النيتروجين والكربون إلى الغلاف الجوي، وتفاعلت هذه الانبعاثات مع أشعة الشمس لإنتاج الأوزون في طبقة التروسفير من الغلاف الجوي. والأوزون هو جزء من الغلاف الجوي الضوئي الماسك للحرارة، وهناك مكون آخر هو أكسيد النيتروز الناتج من الأسمدة الزراعية، وبعض العمليات الصناعية (محطات توليد الطاقة الوقود الأحفوري لإطلاق وإنتاج النايلون، وإنتاج حمض النيتريك) والانبعاثات من المركبات.

تشمل المركبات الصناعية التي بدون مصدر طبيعي مركبات الكربون الكلورية فلورية (CFCs)، (CF_4 carbontetrafluoride)، (SF_6) sulfurhexafluoride، و(HFCs hydo-fluorcarbons) (مركبات الكربون). هذه هي غازات الاحتباس الحراري متفاوتة الأهمية، تم التوصل إلى أن مركبات الكلورو فلورو كربون طويلة الأمد (حوالي ١٠٠ سنة) هي المتسببة في الاحتباس الحراري، وأُطلقت حملة ناجحة للغاية للمصلحة العامة لوقف استخدامها في التبريد، وكجزيئات في الجو، ومحاليل التنظيف. لحسن الحظ، بقت مستويات CFC مستقرة، أو انخفضت. هذا الأمر مهم جداً؛ لأنه بالإضافة إلى كون هذه الغازات مسببة للاحتباس الحراري، فإن مركبات الكلورو فلورو كربون تتفاعل في طبقة الستراتوسفير الباردة لتدمير الأوزون مما يترتب على ذلك وجود ثقوب في طبقة الأوزون، التي تسمح بوجود الأشعة فوق البنفسجية الضارة للدخول إلى الغلاف الجوي [١١].

يؤثر الاحتباس الحراري المحتمل على تركيزات الماء في الغلاف الجوي، وغطاء السحب في بعض المناطق، وتغير أنماط التساقط. يمكن أن يؤدي الاحتباس الحراري إلى إعادة توزيع أنماط التساقط وارتفاع درجات الحرارة في المناطق ذات السحب القليلة [١٢]. يمكن أن يحدد أيضاً أين وكيف تزرع المحاصيل، وأين تكثر الآفات (الحشرات الاكثر ضرراً).

الغيوم القطبية mesospheric كانت محور المهمة الفضائية لمدة سنتين للقمر الاصطناعي التابع لناسا الذي أطلق في عام ٢٠٠٧. الغيوم القطبية هذه هي الأعلى بالنسبة للأرض، وتشكل غشاء جليدي على بعد ٨٠ كيلومترا (٥٠ ميلا) فوق الأرض على حافة الفضاء. السحب Mesospheric ("الليل الساطع") مرئية من الأرض بالعين المجردة، ولكن تشاهد فقط في مناطق خطوط العرض العليا (نحو القطب من ٥٥°). في السنوات الأخيرة، أصبحت أكثر إشراقا، وأكثر تكرارا، ويمكن مشاهدتها على خطوط العرض الأدنى (٤٠ درجة شمالا) وكل ذلك دليل محتمل على التغير المناخي.

النينيو والنينيا El Nino and La Nina

وفقاً للإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي (13) [NOAA]، النينو هو "التذبذب في نظام الغلاف الجوي والمحيطات في مناطق المحيط الهادئ الاستوائية، والذي يؤثر باهتمام على الطقس حول العالم". انه الايقاع الطبيعي لنظام المحيطات والغلاف الجوي، ويمكن أن يتفاعل هذا النظام مع النظم المناخية الأخرى لزيادة سقوط الامطار في بعض مناطق العالم، في حين تسهم في الجفاف في مناطق أخرى، لتوفير البيانات والتنبؤ. عملت NOAA شبكة من العوامات في المحيط الهادئ لقياس درجات حرارة، والرياح للهواء والمحيط، والتيارات البحرية (انظر الشكل ٦ ,٣). تنقل العوامات البيانات في زمن قصير للباحثين والمتنبئين في جميع أنحاء العالم.

يمكن موقع زيارة الإدارة **الوطنية الأمريكية للمحيطات** والغلاف الجوي ومركز بيانات العوامات الوطني (ndbc.noaa.gov .http://seaboard) أو مشروع الغلاف الجوي الاستوائي (TAO) (www.pinel.noaa.gov/tao)، وستجدون من ضمن المعلومات أن هناك ما يقرب من ٧٠ عوامة ثابتة بالمحيط. تساعد هذه البيانات في الكشف عن التنبؤ بالنينو **والنينيا**.



شكل ٣,٦ عوامة بارتفاع ثلاثة أمتار للإدارة الوطنية للأرصاد والمحيطات
(Photograph (NOAA) courtesy of NOAA.)

النينو بالإسبانية "الصبي الصغير"، أو " الطفل المسيح"، حيث يظهر الحدث حول عيد الميلاد قبالة ساحل بيرو، لاحظ السكان على طول الساحل أن درجة الحرارة حول مياه شرق المحيط الهادئ تغيرت في بعض السنوات في شهري ديسمبر ويناير، وعلى الرغم من وجودها بالبيئة الاستوائية، إلا أن تيارات المحيط الباردة والعميقة تسببت في أن تكون المياه الساحلية باردة نسبيا، ووفيرة بالأسماك. تهدئ تيارات المحيط الدافئة في فبراير ومارس عادة الماء البارد، ومع ذلك، في بعض السنوات يبدأ حدوث التيارات الدافئة في وقت مبكر (في ديسمبر)،

وهي أقوى بكثير، وتستمر سنة، أو سنتين، وتسقط الأمطار الغزيرة خلال هذه الدورات في بعض الأراضي الصحراوية الجافة بأن تصبح حدائق. اعتقد العديد من العلماء في الأصل أن ظاهرة النينو تحدث قبالة سواحل بيرو فقط، ولكن الآن كما هو معروف تحدث في جميع أنحاء العالم على المدى المناخي القصير.

خلال السنة التي لا تحدث فيها ظاهرة النينو، تتحرك الرياح التجارية المدارية (نظم رياح ثابتة توجد على طول خط الاستواء) نحو الغرب عبر المحيط الهادئ الاستوائي، وتتسبب هذه الرياح الحارة فعليا في سخونة مياه غرب المحيط الهادئ، وكما تتسبب في ارتفاع سطح المحيط بحوالي ٠,٥ متر (١,٦ قدم) في أندونيسيا في الغرب عما كانت عليه في بنما في أمريكا الوسطى إلى الشرق. إنَّ تدرج درجة حرارة المحيطات هو أيضا كبير، حوالي ١٤ °م (٨ °ف) اعلى بالقرب من أندونيسيا مقارنة بقبالة ساحل بيرو، وهذا جزئياً يحدث بسبب تيارات المحيط الباردة والعميقة الغنية بالمواد الغذائية والنظم البيئية البحرية المتنوعة، بما في ذلك مصايد الأسماك الرئيسية. ارتفاع الهواء فوق الماء الحار المحيط في غرب المحيط الهادئ تسبب في سقوط الأمطار، وعلى النقيض من ذلك، فهو جاف نسبياً فوق المياه الأكثر برودة في الشرق.

درجات الحرارة في غرب المحيط الهادئ هي أدفأ مياه للمحيطات على الأرض – **حيث الحرارة** عموما حوالي ٢٩°**م** (٨٤°**ف**). بعض أجزاء غرب المحيط الهادئ أكثر دفئاً ٣١،٥°م (٨٩°**ف**). على النقيض من ذلك، درجات حرارة شرق المحيط الهادئ بمتوسط حوالي ٢٣°**م** (**٧٣** °**ف**).

كما تتجمع المياه السطحية الدافئة في غرب المحيط الهادئ، فالحد الحراري الفاصل thermocline (الحدود الفاصلة بين المياه السطحية الدافئة والمياه العميقة الباردة) تدفع في الاتجاه لأسفل إلى قاع المحيط. عادة ما يوجد الحد الحراري الفاصل على عمق ضحل نسبيا حوالي ٤٠ متراً (١٣٠ قدماً) في شرق المحيط الهادئ، ولكن أعمق من ذلك بكثير بحوالي ١٠٠-٢٠٠ م (٣٣٠-٦٦٠ قدم)، في غرب المحيط الهادئ، عندما يزيد عمق الحد الحراري، تقل المواد الغذائية من المياه الباردة والعميقة الصاعدة، وهذا يقلل من اعداد الأسماك المحلية والنتيجة قلة الاسماك المتاحة للصيادين في المنطقة. هذه التغييرات هي السبب في أن صيادي بيرو، أول من لاحظوا هذه الظاهرة الطبيعية.

الحياة **عامرة** بشكل عام في المناطق المضاءة بنور الشمس. في مناطق من المحيط فوق الحد الحراري **الفاصل** thermocline، تستنفذ المواد الغذائية بسرعة من الكائنات الحية المختلفة، مثل العوالق. تسقط النفايات **وغيرها من البقايا الناتجة** من الكائنات الحية في هذه المنطقة في المنطقة الأكثر برودة من الهبوط الحراري، وتذوب فيها. هذا يجعل مياه المحيطات **العميقة** أكثر غني بالمغذيات. تجلب الموجات المتقلبة المياه العميقة **الغنية** أقرب إلى السطح، **وفي** كثير من الأحيان تزداد اعداد الأسماك. إذا كانت هذه الموجات المتقلبة تحدث بالقرب **من** السواحل، فيتوفر الغذاء الوفير لأسراب الطيور.

خلال عام حدوث النينو كانت الرياح التجارية هي الأقل سيادة في وسط وغرب المحيط الهادئ، ولا سيما غرب الخط التاريخي الدولي، الذي يمتد من الشمال والجنوب تقريبا من شرق نيوزيلندا إلى بحر بيرينغ قبالة ساحل ألاسكا. الرياح التجارية الأكثر هدوءاً تنتج مياه محيط دافئة في الغرب التي تتحرك راجعة إلى مياه شرق المحيط الهادئ

الأكثر برودة، وهذا تشارك فيه ثلاثة عوامل هي: النمط المعتاد للتيار القوي (القوي، والمركز من الحركة الجوية السريعة في طبقة التروبوسفير العلوية للأرض)، بل تزيد التبخر في المناطق الأكثر دفئا في المحيط، وتزيد الحمل الحراري المداري (حركة الهواء الدافئ إلى أعلى والهواء البارد إلى أسفل)، مما يتسبب في خلط للغلاف الجوي.

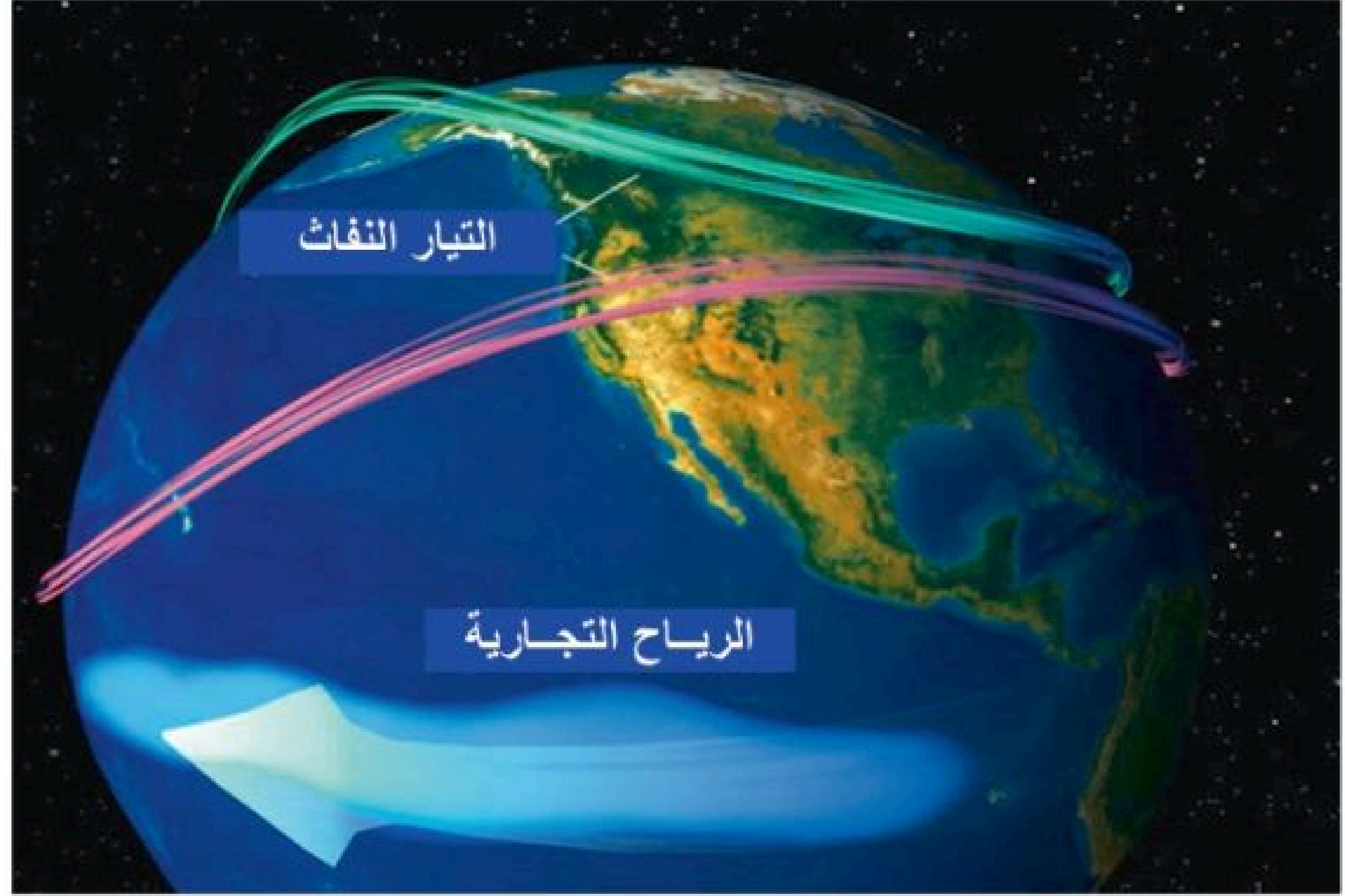
تضخ الرطوبة في الغلاف الجوي الاستوائي خلال عام النينو، ويمكن أن تضخ الرطوبة شمال شرق عن طريق التيار القوي، ويساهم هذا في سقوط الأمطار الغزيرة في جنوب الولايات المتحدة، وتغير أنماط الطقس في جميع أنحاء العالم. تتبعُ سقوطَ الأمطار المياهُ الدافئةُ شرق المحيط الهادئ، التي تؤدي أحياناً إلى حدوث فيضانات في دول أمريكا الجنوبية من الإكوادور، وبيرو، وشيلي، ولكن يمكن أن تنتج الجفاف في أستراليا، وإندونيسيا، والفلبين، خلال حدث النينو لعام ١٩٩٧-١٩٩٨، زادت درجات حرارة المياه السطحية قبالة ساحل بيرو ٥ °م (٩ °ف) (١٤).

يرافق عادة ظاهرة النينو تغيرات في توزيع الغلاف الجوي، ويسمى التذبذب الجنوبي Sothern Osscillation. عندما تحدث بالتزامن مع ظاهرة النينو، تسمى ENSO (النينو - التذبذب الجنوبي). وترتبط هذه أيضا مع الرياح الموسمية الآسيوية. يمكن أن تصل الأمطار الكلية إلى ٩٧٠ سم (٣٨٢ بوصة) خلال موسم الرياح الموسمية من أواخر مايو إلى منتصف سبتمبر في بنغلاديش. الساحل الشمالي الشرقي من الهند، ومناطق أخرى في جنوب شرق آسيا، غالباً ما تتجاوز معدلات سقوط الأمطار في شهري يونيو ويوليو ٢٥٠ سم (٩٨ بوصة). يحدث النينو بشكل غير منتظم في فترات كل سنتين إلى ٧ سنوات، وعادة ما تستغرق ١٢-١٨ شهراً، ومع ذلك، يمكن أن تكون الفترة الزمنية بين ظواهر النينو من ١ إلى ١٠ سنوات.

النينيا تعني باللغة الإسبانية "الفتاة الصغيرة " ويسمى "الحدث البارد" من قبل العلماء. حتى ستينات القرن الماضي لم تكن ظاهرة النينيا مجرد ظاهرة قبالة سواحل بيرو، ولكنها ارتبطت مع التغيرات في جميع أنحاء المحيط الهادي. في بعض الأحيان تتبع ظاهرة النينو ظاهرة النينيا، ولكن في سنوات أخرى، يمكن أن تأتي بعد ظاهرة النينو أحوال أكثر طبيعية، وتتميز ظاهرة النينيا بشكل غير عادي بدرجات حرارة باردة للمحيط بالقرب من

وثّق السير جيلبرت ووكر (١٨٦٨-١٩٥٨) التذبذب ، الجنوبي (SO) وأطلق عليه هذا الاسم في ثلاثينيات القرن الماضي. كانهناك عالم فيزياء وإحصاء بريطاني الجنسية درس الرياضيات في جامعة كامبريدج. تم تعيينه في الهند كمديرا للمراصد في عام ١٩٠٤. بينما كان ذاك العالم هناك، درس خصائص رياح المحيط الهندي الموسمية. (لم تصل الرياح الموسمية في عام ١٨٩٩ مما أدى إلى مجاعة واسعة النطاق في الهند). درس السير جلبرت ووثق كميات هائلة من بيانات الطقس لوصف التذبذب الكبير المتأرجح الذي وقع في الضغط الجوي بين سطح المحيطين الهندي والهادئ. المؤشر الأوضح للتذبذب الجنوبي على ذلك هو الضغط الجوي للهواء السطحي في موقعين: داروين، استراليا، وجزيرة تاهيتي في جنوب المحيط الهادئ. يكون ارتفاع الضغط الجوي في موقع معين متزامناً عادة مع ضغط منخفض في مكان آخر، والعكس صحيح، مع عكس هذا النمط كل بضع سنوات. هذا يمثل تحولاً في كتلة الهواء المتأرجحة ذهاباً وعودةً عبر خط التاريخ الدولي في تلك المنطقة" التذبذب الجنوبي"

خط الاستواء في المحيط الهادئ. (يمكن أن تشير ارتفاع درجات الحرارة في هذه المنطقة إلى وصول ظاهرة النينو). ظاهرتا النينو والنينا هما اللتان يشار عليهما أحيانا بأنهما عكس دورة ENSO. يعتبر النينو المرحلة الدافئة ENSO، بينما ظاهرة النينيا هي المرحلة الباردة من ENSO (انظر الشكل ٣,٧).



شكل ٣,٧ توضح صورة NASA هذه الماء الأبرد من المياه الطبيعية (اللون الأبيض بالسهم الكبير) الذي يختلف عن خط المحيط الهادي الاستوائي المرتبط بالنينا. الرياح الأقوى من الرياح التجارية العادية تعطي مياهاً باردة على سطح المحيط.
(Image courtesy of

تميل تأثيرات المناخ العالمية لظاهرة النينو إلى أن تكون عكس تأثيرات النينا، وهي الأكثر انتشارا خلال أشهر الشتاء، على سبيل المثال، في قارة أمريكا الشمالية، تميل درجات الحرارة في فصل الشتاء خلال النينو إلى أن تكون أعلى في الولايات الوسطى الشمالية (نورث داكوتا وساوث داكوتا ومينيسوتا) وكندا خاصة حول ولايات مانيتوبا وغرب أونتاريو، ويكون جنوب كندا أكثر جفافاً من المعتاد خلال النينو في فصل الشتاء [١٥].

من ناحية أخرى، يمكن أن تؤدي ظاهرة النينو إلى ظروف برودة أكثر من المعتاد في جنوب شرق الولايات المتحدة (جورجيا، فلوريدا، ألاباما)، وجنوب غرب الولايات المتحدة (أريزونا ونيفادا، نيو مكسيكو)، وشمال المكسيك. خلال سنة النينا، تكون درجات الحرارة في فصل الشتاء هي الأكثر دفئاً من المعتاد في جنوب شرق الولايات المتحدة، ولكن أكثر برودة في شمال غرب الولايات المتحدة (واشنطن، أوريغون، ايداهو)، وجنوب كولومبيا البريطانية. من المهم أن نتذكر أنه على الرغم من أنها تعتبر من التذبذب، فظاهرة النينا ليس من الضروري أن تليها النينو، يمكن أن يكون هناك عدة ظواهر من النينو على التوالي، كما حدث في وقت مبكر من تسعينات القرن الماضي.

الفيضانات Floods

أثرت الفيضانات على المستوطنات البشرية منذ آلاف السنين، خاصة بالمنازل الدائمة التي شيدت على طول ضفاف الأنهار في أفريقيا وآسيا، والشرق الأوسط. تمد مياه الفيضانات سطح التربة بالعناصر الغذائية لزراعة الحقول، ولا سيما على طول وادي نهر النيل في مصر، ونهري دجلة والفرات في منطقة الشرق الأوسط، ونهر هوانغ هو في الصين، ومع ذلك، فقد دمرت الفيضانات والعواصف الشديدة المفاجئة والكبيرة الأخرى القرى ومناطق بأكملها لعدة قرون.

في المتوسط السنوي، تقتل الفيضانات في الولايات المتحدة حوالي ١٤٠ شخصا وتسبب خسائر تقدر باكثر من ٦ مليارات دولار أمريكي، ولكن حدث أن تسببَ فيضان واحدٌ على طول نهر المسيسيبي عام ١٩٩٣ بأضرار تقدر بـ ٢٠ مليار دولار أمريكي [١٦] ، حيث كانا أكثر الفيضانات ضرراً من حيث التكلفة في ذلك الوقت من تاريخ الولايات المتحدة. في عام ٢٠٠٤، قتلت الامطار الموسمية والفيضانات المصاحبة لها أكثر من ١٥٠٠ شخص في بنغلاديش، ونيبال، والهند، وكانت نصف مساحة بنغلاديش تحت الماء خلال الكارثة، وفي عام ٢٠٠٥، تسببت الفيضانات الناجمة عن إعصار كاترينا في الولايات المتحدة بخسائر تقدر بأكثر من ٢٠٠ مليار دولار، وكانت من أكثر الكوارث الطبيعية تكلفة في تاريخ البلاد (انظر الشكل ٣,٨).



شكل ٣,٨ هذه الصورة الجوية من الفيضان قرب نيو أورليانز، لويزيانا، الولايات المتحدة، تساعدنا على تصور مدى الضرر لإحدى حوادث العواصف. لاحظ أن جودة الماء تحت الطريق السريع غير واضحة من الرواسب ولكن فوق الطريق السريع المياه مظلمة وواضحة. ما هي بعض من أسباب في اختلاف جودة المياه؟ (Photograph courtesy of NOAA.)

الجفاف Drought

يعتبر الجفاف أشد ضرراً من جميع الكوارث الطبيعية على المستوى العالمي، منذ عام ١٩٦٧، كانت ظواهر الجفاف مسؤولة عن وفاة الملايين من البشر، وأضراره تقدر بمليارات من الدولارات. كلف الجفاف لوحده في الولايات المتحدة عام ١٩٨٨ حوالي ٤٠ مليار دولار أمريكي. لقد عرفت الأرصاد الجوية الأمريكية الجفاف بأنه "فترة من الطقس الجاف المستمر بشكل غير عادي لفترة طويلة بما يكفي ليسبب مشاكل خطيرة مثل تلف المحاصيل و/ أو نقص في إمدادات المياه [١٧]." الجفاف هو الخطر الطبيعي الذي يؤثر على الملايين من الناس في جميع أنحاء العالم سنوياً، عانت أفريقيا من أسوأ موجة جفاف في القرن العشرين في ١٩٩١-١٩٩٢ عندما تأثرت ما مساحته ٦,٧ مليون كيلومتر مربع (٢,٦ مليون ميل مربع)، وأكثر من ٢٤ مليون شخص في شرق أفريقيا، ولقد أدى الجفاف في وقت سابق في عامي ١٩٨٤ و١٩٨٥ إلى المجاعة الشديدة في المنطقة نفسها، وفقدان أكثر من ٧٠٠ ألف شخص في السنة التالية [١٨]. تسبب الجفاف عام ١٩٨٨ في غرب كندا بخسائر اقتصادية تفوق ١,٨ مليار دولار كندي.

ويمكن تعريف الجفاف عن طريق كميات الأمطار الساقطة، والانتاجية الزراعية، وظروف الغطاء النباتي والمأوى، وتدفق الجداول المائية، ومستويات تخزين خزانات المياه الطبيعية وغيرها، ورطوبة التربة، والآثار الاقتصادية، وغالبا ما يُصَّنف الجفاف في أربع فئات:

جفاف الأرصاد الجوية Metorologicak drought عندما يقل مستوى التساقط عن الكميات الاعتيادية، وحيث الظروف المناخية تختلف في جميع أنحاء العالم، بالإمكان اعتبار فترة شهرين من الجفاف في منطقة واحدة، مثل: (فالنسيا، إسبانيا) أمراً عادياً، ولكن في منطقة أخرى مثل (سياتل، واشنطن) سيعتبر من الجفاف.

الجفاف الزراعي Agricultural drought عندما يصل المحتوى الرطوبي في التربة إلى مستوى غير كافٍ لتوفير احتياجات محصول معين أو توفير احتياجات الماشية في وقت معين.

الجفاف المائي Hydrological drought يحدث هذا النوع من الجفاف عندما تصل إمدادات المياه السطحية والجوفية إلى مستوى أقل من العادي، ويمكن قياس ذلك من خلال تدفق الجداول المائية، ومستويات الخزانات، أو ارتفاع منسوب المياه الجوفية.

الجفاف الاجتماعي والاقتصادي Socio-economic drought يشير إلى الحالة التي يكون فيها نقص المياه مؤثرة على احتياجات الناس.

في ١٠ أبريل ٢٠٠١، هبت عاصفة ترابية ضخمة على الحدود بين الصين ومنغوليا، وشقت طريقها عبر المحيط الهادئ إلى كندا والولايات المتحدة. انتقلت سحب الغبار بالتيارات الهوائية وشقت طريقها شرقاً إلى منطقة البحيرات العظمى، وفي شتاء عام ٢٠٠٦، اسقطت عاصفة ترابية مشابهة ما يقارب طن من ترب الصحراء المنغولية على قمم جبال روكي في كولورادو (الولايات المتحدة)، وانخفضت قدرة الثلوج على انعكاس albedo (القدرة على عكس الضوء) للإشعاع الشمسي مما نتج عنه زيادة في الإشعاع الشمس وذوبان وسرعة ذوبان الثلوج، خفض هذا الحدث بكميات كبيرة الاحتياطيات الثلجية مما نتج عنه انخفاض كميات المياه المستخدمة للري والاحتياجات البلدية. يبين شكل ٣,٩ صورة فضائية من قمر تيرا التابع لناسا عن عاصفة مماثلة وقعت قبل بضع سنوات.



شكل ٣,٩ صور القمر الصناعي لمختبر الدفع النفاث من NASA في الصين. الجانب الأيسر هو يوم واضح نسبيا (أكتوبر ٢٠٠١/٢١)، والجانب الأيمن يظهر عاصفة ترابية من مارس ٢٠٠٢/٢٤.
(Image courtesy of NASA)

هناك ثلاثة عوامل رئيسية تساهم في الجفاف: (أ) درجات حرارة اليابسة والمحيطات. و(ب) أنماط الدوران للغلاف الجوي. (ج) محتوى رطوبة التربة. وهي ترتبط مع بعضها بعضاً، مُشكِّلةً حلقة مستمرة [١٩]. رطوبة التربة هو عنصر مهم لمفهوم الجفاف، وتسمح مستويات الرطوبة العالية في التربة بحدوث التبخر بسبب زيادة الحرارة اليومية، وبارتفاع رطوبة ودفء الهواء بالجو تحت الظروف المناسبة، فإن قطرات بخار الماء سوف تتكثف وتسقط على الأرض بصورة أمطار. تعطي ظروف رطوبة التربة الجافة الحد الأدنى من التبخر على سطح الأرض، مما يؤدي إلى انخفاض الرطوبة الجوية، وانخفاض الغيوم، وبالتالي قلة الأمطار، وباستمرار الجفاف وتكراره تقل الرطوبة في التربة.

يقضي الجفاف الشديد على المحاصيل، ويجفف البحيرات والأراضي الرطبة، ويسمح للرياح بتعرية التربة السطحية. يمكن أن تؤدي العواصف الترابية إلى تدمير الأراضي الزراعية وما تحتويه من العناصر الغذائية القيمة، في عام ٢٠٠٣، أثر الجفاف الشديد في إثيوبيا بشرق أفريقيا على إمدادات المياه المحلية وأجبر البعض على السير إلى مسافة تصل إلى ١٠ كيلومترات (٦ أميال) للحصول على مياه الشرب. الاستحمام واحتياجات الصرف الصحي وغيرها لم تتح بسبب نقص المياه [٢٠]. في عام ٢٠٠٧، شهدت مدينة أتلانتا، جورجيا، (الولايات المتحدة) نقصاً في مياه الشرب بالخزانات، ولولا انتهاء فترة الجفاف لتعرضت المدينة لنقص شديد في مياه الشرب، تستخدم الآلات العلمية على سطح الأرض والأقمار الصناعية لدراسة العمليات الفيزيائية بالتفصيل، وقد أظهرت نماذج المناخ العالمي أن الزيادة في درجات الحرارة السطحية يمكن أن تؤدي إلى زيادة في التبخر، مما يؤدي إلى نشاط في الطقس أكثر تطرفاً مثل الجفاف. بشكل عام، إذا كانت ظروف التربة جافة، فإن الإشعاع الشمسي يعمل على تسخين سطح التربة باستمرار، وهذا سيجعل الظروف أكثر حرارةً وجفافاً على التربة. إن استمرار ظواهر الجفاف يمكن أن يؤدي إلى إطالة فترته، ويجب تغيير أنماط دوران الغلاف الجوي للحد من دورة الجفاف. استخدام الباحثون بيانات الاستشعار عن بُعد من الأقمار الصناعية لتأكيد العلاقة المباشرة بين درجات حرارة سطح المحيطات ومناطق نمو الأشجار (نسبة تساقط عالية) ومناطق الجفاف. هذان العاملان – درجات حرارة المحيط ونمو النبات مرتبطان مباشرة بالنظام المناخي للأرض [٢١].

يمكن أن يكون الجفاف في فصل الشتاء خطيراً جداً بالنسبة للمجتمعات التي تعتمد على ذوبان الثلوج من الجبال الجليدية، ويمكن أن يؤدي تراكم الثلوج المنخفضة في المناطق الجبلية إلى جريان سطحي منخفض في فصل الربيع، وقد ينخفض تدفق الأنهار ذات المستوى العالي من التدفق عادة إلى مستويات منخفضة جدا في فصل الربيع، مما يترتب عليه توفير مياه قليلة لخزانات التخزين، وعدم كفاية المياه لتلبية احتياجات الصيف. هناك العديد من المناطق لديها ما يكفي من الخزانات لتخزين المياه خلال موجة واحدة من الجفاف في فصل الشتاء، ولكن الجفاف المتكرر يمكن أن يؤدي إلى جفاف الخزانات، وجفاف الغابات، وفرصة نشوب الحريق عالية جدا. قد تساعد أمطار فصل الصيف من التخفيف من المشكلة، ولكن في كثير من الأحيان، دورات الجفاف هذه قد تستمر لعدة شهور، وحتى سنوات.

للمزيد من المعلومات عن التوقع والمراقبة والحد من الجفاف زُرْ موقع المركز الوطني الأمريكي للحد من الجفاف (www.drought.unl.edu) ومركز الجفاف الأوربي (www.geo.uio.no)، أو شبكة التنمية الأفريقية لمخاطر الجفاف (www.droughtnet.org)

تأثيرات الجفاف على الاقتصادات الإقليمية، والمجتمع، والبيئة قد تكون خطرة، من وجهة النظر الاقتصادية، والخسائر الناجمة عن

الجفاف قد تتجاوز المليارات من الدولارات سنوياً في الولايات المتحدة، وحدث أنْ وصلت إلى ٣٩ مليار دولار أمريكي خلال الجفاف لمدة ٣ سنوات من ١٩٨٧-١٩٨٩ [٢٢]. في ثلاثينيات وخمسينيات القرن الماضي كانت فترات الجفاف على أمريكا الشمالية هي الأشد تأثيراً سواء من الناحية الاقتصادية أو الاجتماعية. استمرت فترات الجفاف من ٥ إلى ٧ سنوات، مع العواصف الترابية ، مما أدى إلى تكوين سحب كبيرة من الغبار الذي حجب أشعة الشمس في منتصف النهار، وترك الملايين من الناس السهول الكبرى بمنتصف الولايات المتحدة خلال هذه الفترة، ضرب الجفاف بقوة في شمال شرق الولايات المتحدة في ستينات القرن الماضي، وصلت القدرة الاستيعابية لخزانات مدينة نيويورك إلى ٢٥ ٪ فقط من القدرة العادية، في عام ١٩٩٨. عانت كندا للغاية من حرائق الغابات الناجمة عن الجفاف، وشهدت شمال المكسيك بداية ٣ سنوات من انخفاض شديد في تساقط الأمطار (حيث انخفضت إلى ما نسبته ٩٣ ٪ في كمية الأمطار عن المعتاد في ربيع عام ١٩٩٩). في عام ٢٠٠٢، دمرت حرائق الغابات أجزاء من كولورادو وبعض الولايات الغربية من الولايات المتحدة والمقاطعات الكندية (انظر الشكل ٣,١٠). كل عام تقريبا، تتعرض بعض المناطق في كندا، والمكسيك، والولايات المتحدة إلى الجفاف [٢٣].

بدأ العلماء في ثمانينات القرن الماضي باستخدام صور الأقمار الصناعية عن بُعد لرسم خريطة الغطاء النباتي العالمية، تم تطوير خوارزمية رياضية (إجراء أو صيغة رياضية لحل المشكلة) تسمى مؤشر الغطاء النباتي باستخدام قراءات الغطاء النباتي اليومية خضار/ يوميا، (باستخدام صور مركبة من البيانات كل ٨ أيام ١٦ يوماً، و٣٠ يوماً) لعمل خرائط مفصلة عن كثافة الغطاء النباتي، مما سمح للعلماء بتحديد المناطق التي كانت مزدهرة بالنباتات، وغيرها من المناطق حيث تأثر الغطاء النباتي بشكل كبير بسبب نقص المياه.

سنوات الغبار في ثلاثينيات القرن الماضي كانت اساس رواية الكاتب جون ستنباك John Steinback المعنونة The grapes of Wrath(٢٤). أثر الجفاف في ٢٠ مليون هكتار (٥٠ مليون ايكر) من السهول العظمى لوسط كندا وامريكا (انظر شكل ٣,١١).

في عام ١٩٦٥، تم تطوير ما يسمى مؤشر بالمر لشدة الجفاف من قبل رجل الطقس وين بالمر Wayne Palmer بإدارة خدمات الطقس الوطني الأمريكي، ويستخدم المؤشر بيانات سقوط الأمطار ودرجات الحرارة لتحديد شدة الجفاف في المنطقة. يستخدم المؤشر الأرقام فالرقم صفر يدل على أن المنطقة لا تتعرض للجفاف، وأن الظروف عادية، كما أن الأرقام السالبة دليل على جفاف المنطقة السلبية لتصنيف الجفاف؛ -٢، على سبيل المثال، هو مؤشر على الجفاف المعتدل، -٣ يمثل الجفاف الشديد، و-٤ هو الجفاف الشديد. خلال صيف عام ٢٠٠٢، كانت العديد من مناطق غرب الولايات المتحدة وكندا في نطاق -٤.

لمعرفة مزيد عن وضع الجفاف في الولايات انظر في الموقع الالكتروني لخدمات الطقس بالولايات المتحدة. (www.nws.noaa.gov/)

المناخ القديم Paleoclimatology

هذا المصطلح يعني دراسة المناخ القديم وهو مشتق من الكلمة اليونانية باليو paleo، وتعني القديمة، مضاف لها كلمة "مناخ"، كلمة المناخ القديم تهتم بدراسة المناخ قبل بداية تسجيل الأحداث بواسطة البشر، ولقد استخدم العلماء السجلات البيئية الطبيعية، مثل حلقات الأشجار والشعاب المرجانية في المحيط، رواسب البحيرات والمحيطات، والأنهار الجليدية والغطاء الجليدي لإنشاء سجل للظروف المناخية القديمة. وفرت هذه البيانات الطبيعية للعلماء أدلة على المدى الطويل والتغييرات التي حدثت، على سبيل المثال، تبين من السجلات ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار ٥ , ٠°م (٩ , ٠ °ف) منذ عام ١٨٦٠ وحتى الآن، ومع ذلك، فإن هذا السجل لا يعتبر لفترة طويلة جداً (من وجهة نظر علماء المناخ) للعلماء لتحديد ما إذا كان سبب ظاهرة الاحتباس الحراري الحالي الأنشطة البشرية في المقام الأول، أو بسبب الاختلافات الطبيعية في المناخ، أو كليهما. توضح سجلات التسعينات من القرن الماضي أكثر العقود دفئا، وشملت السنوات الست الأشد حرارة ضمن السجلات التاريخية. قد تساعد سجلات المناخ القديم لتمديد فترة السجلات لمئات وحتى آلاف السنين للمساعدة في تقييم التغيرات في درجات الحرارة من ١٤٠ سنة الماضية أو أكثر [٢٥].

يمكن لسجلات حلقة الأشجار أن تمتد إلى ما قبل ٣٠٠ عام في معظم المناطق، وإلى آلاف السنين في مناطق أخرى. دراسة حلقات جذوع الأشجار يطلق عليها تعيين عمر الشجرة dendrochronology، حيث توفر سجلاً تفصيليًا للاختلافات الطفيفة في درجة الحرارة والتساقط، ومع ذلك، فإنها تسجل فقط لفترة من ظروف النمو على الأرض وخلال فترة حياة الشجرة، في الجبال البيضاء في ولاية كاليفورنيا، على سبيل المثال، ممشى متوشالح Methuselah يقدم لمحة على بعض من أقدم الأشجار المعروفة في العالم (انظر الشكل ٣,١٢). هذه الأشجار القديمة والملتوية الصنوبرية (Pinus longaeval) تنمو ببطء شديد، وتحافظ على الظروف المناخية داخل حلقات نموها السنوي، يعود السجل المناخي لهذه الأشجار لأكثر من ٤٠٠٠ سنة، والواردة في الأجزاء الحية والميتة من الأشجار.

استخدم باحثون في كندا تقنيات البيئة القديمة paleoecological (التفاعل بين الكائنات الحية وبيئتها القديمة) للحصول على سجلات إحفورية لجفاف البحيرات في المناطق الجنوبية من ألبرتا وساسكاتشوان،

ومانيتوبا في جنوب وسط كندا لمقارنة كيمياء مياه البحيرة والتركيبة البيولوجية المجتمعية مع التغيرات في درجات الحرارة والتساقط، والتبخر. المواد الكيميائية الذائبة في الماء تصبح أكثر تركيزاً كلما كان المناخ أكثر دفئا وجفافا، مما يؤدي إلى تغيرات واضحة في النباتات والحيوانات المائية.



شكل ٣,١٠ صورة NASA **للدخان من حرائق الغابات الكبيرة المتعددة في منطقة كيوبيك، كندا. الوضوح معتدل لمقياس الطيف (**Agua MODIS**) والصورة من يوليو ٦، ٢٠٠٢.**
(Image courtesy of NASA)



شكل ٣,١١ مصطلح "وعاء الغبراء dustbowl **" لم يكن من قبيل المبالغة. عندما تتجمع هذه السحب الغبارية كجزء من الحقول المحروثة بعناية. فالرياح والجفاف يحولان التربة الى غبار ينتشر عبر الأراضي وينتقل إلى مناطق بعيدة.**
(Photograph courtesy of USDA NRCS)

وبالإضافة إلى ذلك، يخفف الطقس الأكثر رطوبة وبرودة من تركيز العناصر الذائبة في الماء، ويساعد ذلك في استعادة أنواع الأحياء الأقل تحملا للملوحة، ولذلك، يمكن فحص رواسب البحيرات لتوفير بيانات الكائنات الحية المتحجرة لإعادة بناء النظم المناخية الماضية، ونأمل، بأنه يمكن استخدام هذه المعلومات للتنبؤ بتكرار بالجفاف، ومدته، وشدته في السنوات المقبلة.



شكل ٣،١٢ حوض ميثوسليه Methuselah العظيم من أشجار الصنوبر (Pinus longaeva) يقدر أن أشجاره موجودة منذ عام ٢٨٣٢ قبل الميلاد في الجبال البيضاء White mountain في كاليفورنيا بأمريكا. كان عمر الأشجار في عام ١٩٥٧ وقت العينات ٤٧٨٩ سنة من قبل Schulman and Harlan. يعتبر الصنوبر أقدم كائن معروف لا يزال على قيد الحياة، وعمر الأشجار حوالي ٤٨٤٠ سنة.

(Photograph by Oke at http://en.wikipedica.org/wiki/methuselah_tree)

في المناطق التي لا تجد فيها الأشجار القديمة، يمكن أن توفر رواسب البحيرات معلومات قيمة عن التقلبات في مستوى البحيرة، ويمكن تحديد هذه التغييرات من خلال المواد الجيولوجية بالشاطئ، حيث ترسبت هذه الرواسب إما في مواقع الشاطئ العلوي أو السفلي، اعتمادا على مستويات المياه في البحيرة، يمكن أن يؤثر الجفاف أيضا على جودة مياه البحيرة من خلال زيادة تركيز الأملاح وقلة المياه، وهذه الزيادة في مستويات الملوحة تغير نوع الكائنات الحية التي تعيش في البحيرة والقادرة على البقاء على قيد الحياة في هذه المياه.

يمكن للعلماء أيضا تحليل حبوب اللقاح في رواسب البحيرات لتحديد الظروف المناخية القديمة. إنَّ توفر نوع معين من حبوب اللقاح في الرواسب يظهر دلالة على ظروف أكثر جفافاً أو أكثر رطوبة للنباتات القديمة المحيطة بالبحيرة، على سبيل المثال، يشير التغير من الوفرة لحبوب اللقاح للعشب إلى حبوب اللقاح نبات المرامية وإلى وجود تحول من الظروف المناخية الرطبة إلى الجافة.

طريقة أخرى لدراسة المناخ القديم هي الكثبان الرملية، إذ يمكن تحليل الكثبان الرملية لطبقات من التربة الرملية والمواد التي تتخللها، من أجل تكوين التربة فلا بد من وجود فترة طويلة من المناخ الرطب، ووجود التربة يشير إلى فترة أطول من ارتفاع مستويات التساقط.

استخدم الباحثون أيضا إشارات كيميائية تخص المعادن وفقاعات الجليد، وكذلك المؤشرات البيولوجية كحبوب اللقاح وغيرها لتحديد درجة الحرارة وأنماط التساقط التاريخية. يمكن أن يستفاد من الشعاب المرجانية والعينات الجليدية أيضا بمثابة مصادر لتوفير المعلومات عن تقلب المناخ الطبيعي. تستخدم الشعاب المرجانية والجليد كوثيقة وتعتبر مصدراً للتسجيلات السنوية لدرجة الحرارة، والتساقط، ومكونات الغلاف الجوي، والنشاط البركاني، وأنماط الرياح.

توفر هذه المعلومات مجتمعة للعلماء مع "صورة" مناخية للفترات المطيرة والجافة في منطقة معينة خلال فترة من طويلة من الزمن.

مدينة دينفر بولاية كلورادو هي مقر المعمل الوطني الأمريكي لعينات الثلج (NICL) حيث يتم جلب عينات من مناطق القطب المتجمد لتخزن وتدرس. تحفظ العينات في أماكن التخزين عند درجة حرارة -٣٥°م (-٣١°ف).

الدورة المائية والبيئة الطبيعية

The Hydrologic Cycle and the Natural Envirnment

توفر الدورة المائية الماء الضروري للحفاظ على حياة الحيوانات والنباتات في بيئة المياه العذبة الطبيعية، والدورة المائية هي نظام ديناميكي معقد مع ثلاثة مسارات رئيسية للحركة على سطح الأرض التبخر، والتسرب إلى التربة والمياه الجوفية، والجريان السطحي. تؤثر هذه المسارات من حركة المياه بشكل كبير على الحيوانات والنباتات.

البخر والنتح Evaporation and transpiration

تحدث معدلات التبخر نتيجة الميل (الفرق) في ضغط بخار الماء بين سطح التبخير والغلاف الجوي. في النظم البيئية للمناطق ذات المناخ الرطب، والكثافة العالية من النباتات، تميل هذه المناطق إلى أن تكون منخفضة في معدلات البخر-نتح (ET). يبدو هذا غير بديهي، لكن أي شخص يعيش هناك أو يكون في زيارة الولايات الجنوبية من الولايات المتحدة، أو الهند خلال موسم الرياح الموسمية، يستشعر بأن العرق لن يتبخر من الجلد. التبريد التبخيري لا يعمل بشكل جيد في حالة ارتفاع نسبة الرطوبة، والنظم البيئية الصحراوية، على العكس، هي مناطق منخفضة في نسبة الرطوبة، وانخفاض ضغط البخار حيث التبريد التبخيري فعال جدا.

في نصف الكرة الشمالي ذو الأعداد الكبيرة من النباتات التي تؤثر على الأحداث المناخية من خلال البخر-نتح، نجد أن غابات الشمال في أمريكا الشمالية هي من أكبر الغابات السليمة المتبقية في العالم [٢٦]. وهي

أكثر كثافة من غابات الأمازون المطيرة، وتمتد من الأرض المكتشفة حديثا في كندا إلى غرب ألاسكا. إن أشجار منطقة آسبن، جاك الصنوبر، تامارك، شجرة التنوب، والبتولا مرتبطة مع الأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة. قطعان الوعل السليمة تجوب الأرض تماما كما كانوا يفعلون منذ زمن بعيد. الغابة هي موطن لكثير من الثدييات الكبيرة مثل الدببة، الغزلان الأمريكية الضخمة، الذئاب والأغنام البرية، والوشق، وحيوانات الوفيرين. يصل أكثر من ٣٠٠ نوع من الطيور المهاجرة موسمياً لتربية صغارها في الغابات. تبني طيور البط الأسود، والرافعات الديكي، والبجع وعازف البوق اعشاشها في هذه الغابة، باختصار، هذا هو المورد الطبيعي الرائع ليس فقط للحياة البرية، وجودة المياه، ونباتات الغابات، والبشر، ولكن أيضاً على التغير المناخي على المدى الطويل وذلك كتأثير الغابات على الدورة المائية.

قامت ناسا (وكالة الطيران والفضاء الوطنية في الولايات المتحدة) بدراسات عن تغير المناخ والتعديلات لدورة المائية بالكرة الارضية من خلال بعثة أكوا Aqua. يرصد القمر الصناعي أكوا التابع لناسا العديد من جوانب الدورة المائية لتوفير بيانات أفضل لنماذج المناخ العالمي. يتم جمع معلومات عن درجات الحرارة في الغلاف الجوي ومحتوى بخار الماء والتساقط العالمي، ارتفاع السحب، وحجم السحب ومحتواها من الماء، وحجم قطرات المطر والثلوج، وتركيز الجليد البحري، وسمك الثلوج على الارض، والمحتوي الرطوبي بالتربة، والتفاعلات بين اليابسة والمحيطات والهواء والثلج والنظم البيئية. أكوا هو مهمة النظام الدولي لرصد الأرض (EOS) وموقعها في وكالة ناسا [٢٧].

موسمياً، يؤثر الغطاء النباتي على مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، تستخدم الأشجار ثاني أكسيد الكربون لتكوين الغذاء والطاقة، ثم تطلقه مرة أخرى في الغلاف الجوي ليلا. توجد في المنطقة الشمالية المناطق الصناعية الكبيرة المنتجة للغازات المسببة للاحتباس الحراري. تضع الأشجار (وجميع النباتات التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي) منطقة عازلة بينها وبين مدخلات النشاط البشري. فقدان الغابات الشمالية في الشمال والغابات المطيرة في الجنوب يمكن أن يسبب تغيراً في المناخ لا يمكن إصلاح. تواجه الغابات الشمالية التنمية الصناعية لتوليد الطاقة المائية، واستخراج الماس. إزالة الأشجار في صناعة الخشب، واستخراج النفط والغاز، هذه النشاطات تحتاج إلى البنية التحتية بما في ذلك الطرق والمنازل ومهابط الطائرات، ومرافق المعالجة، وخطوط الأنابيب. قبل ثمانية آلاف سنة مضت، كانت الغابات سليمة ووفيرة، اليوم، الغابة الروسية الشمالية، الغابة الشمالية في أمريكا الشمالية، والغابات المطيرة البرازيلية هي الغابات الثلاث الكبيرة والسليمة والخضراء الباقية على سطح الأرض. تم فقد التوازن في ذلك، لاري اينيس Larry Innes، المدير المؤقت للمبادرة الكندية للغابات الشمالية (مجموعة المحافظة على البيئة في محاولة للحفاظ على الغابات)، يقول إن كندا ركن أساسي لإنقاذ ما تبقى من مساحات الغابات وجعلها مثالاً يحتذى به للمناطق الأخرى، "لذا فإن السؤال هو كيفية الحماية والمحافظة على هذه الغابات المتبقية، وكندا هي المفتاح في المحافظة عليها. كندا محكومة بشكل جيد،

ولديها أخلاقيات المحافظة على الغابات، والإطار القانوني اللازم للحفاظ عليها"، ويمكن أن يقال الشيء نفسه عن ولاية ألاسكا، الولايات المتحدة.

التسرب Infiltration

يمكن لكل من الغطاء النباتي، مثل الغابات، والشجيرات على طول ممرات الأنهار، والغطاء النباتي على الأسطح المنحدرة المساعدة على تنظيم (إبطاء) تسرب المياه إلى التربة والمياه الجوفية، الغابات وأوراق النبات، على سبيل المثال، يمكن أن تقلل من تأثير قطرات المطر على سطح الأرض، وتعطي المزيد من الوقت لعملية التسرب، وبالمثل، يمكن أن يسبب الغطاء النباتي على المنحدرات الطبيعية في مسك الرطوبة، وإعطاء المزيد من الوقت للتسرب في التربة المسامية. تساعد جذور النباتات على مسك التربة، والحد من تعرية التربة، وتقليل الجريان السطحي للمياه وخاصة على المنحدرات الطبيعية، تقوم الجذور أيضا بتحسين جودة التربة من خلال تكوين ترب جيدة البناء لتسرب المياه خلال العواصف المطرية. قد تسبب عدم كفاية الغطاء النباتي في حدوث الجريان السطحي الناتج من الأمطار مما يتسبب في تآكل منحدر وتعرية ترب المنحدرات، مما يؤدي إلى ضعف الغطاء النباتي بشكل أكبر ونقل رواسب التربة إلى مصبات الجداول المائية.

الجريان السطحي للمياه Surface water runoff

في كثير من الحالات، ينتهي الجريان السطحي في الأنهار، وهي قنوات لنقل المياه السطحية نحو مصب المحيطات أو البحار، قبل الوصول إلى النهر، قد يتم اعتراض المياه السطحية الجارية من قبل النباتات، أو في الأراضي الرطبة، التي تشكل عناصر مهمة في نظام الديناميكية التي تبطئ تدفق المياه. تقوم شبكات المياه السطحية بجمع مياه التساقط الزائدة، وتقلل بفعالية سرعة الفيضان المحتمل. شكل تدهور الأراضي الرطبة، وإزالة الغطاء النباتي ضرراً بالغاً وغير متوقع على النظم البيئية من خلال إزالة الحواجز الطبيعية للمياه.

قد يتدفق الجريان السطحي إلى الأراضي الرطبة (مكان تجميع طبيعي في النظم البيئية التي تقوم بدور حيوي خلال أحداث الفيضانات السطحية. تعمل الأراضي الرطبة على حجز المياه الزائدة، وتتصرف مثل الإسفنجة، وتتفرج تدريجياً عن المياه إلى البحيرات المجاورة، والأنهار، أو أنظمة المياه الجوفية. تعمل الأراضي الرطبة بمثابة مرشحات طبيعية لإزالة الرواسب، وخفض بعض الملوثات والشوائب الأخرى. تاريخياً، لم يُعطَ دور

الأراضي الرطبة المكانة اللائقة به. وكثير منها جُفِّفت أو ملئت بالتربة لتحسين فرص استخدامها للزراعة، اليوم، أُعيد تقييمها بقيم أعلى لقدرتها على توفير منافع عديدة للنظم البيئية.

لقد ذكرنا سابقاً عن أهمية ذوبان الثلوج في الدورة المائية، فالجبال والمرتفعات (وغيرها من المناطق الشديدة الارتفاع) هي "أبراج المياه" الطبيعية في العالم. هذه الحواجز الطبيعية التي تعترض الرطوبة وتجبرها إلى الصعود إلى الغلاف الجوي حيث يتكثف في شكل سحب تسقط على شكل أمطار أو ثلوج، تقريباً كل الأنهار الرئيسية في العالم بما في ذلك نهر النيل والراين، والأمازون، ونهر كولورادو تقع منابعها في المناطق الجبلية، توفر الجبال والمرتفعات للأراضي المنخفضة المجاورة الجريان السطحي لأغراض الري، والاستخدامات الحضرية والصناعية، والترفيه، واحتياجات النظم البيئية. نسبة التساقط على الجبال تمثل ٢٠-٥٠ ٪ من إجمالي التساقط في المناطق الرطبة (كمية التساقط السنوي أكثر من ٥٠ سم [٢٠ بوصة])، وبقدر ٥٠-٩٠ ٪ من إمدادات المياه المتاحة في العالم في المناطق الجافة وشبه الجافة. الأنهار الجبلية هي موطن لمجموعة واسعة من الأنواع الحياتية، وبالإضافة إلى ذلك، يعطي التفاوت في الارتفاعات التنوع في المناخات والنظم البيئية، مما يساعد في وجود مجموعة متنوعة من الحياة النباتية والحيوانية في هذه المناطق.

الدورة المائية والبيئة البشرية
The Hydrologic Cycle and the Human Environment

القدرة على التنبؤ هو جانب مهم من جوانب الدورة المائية، وعادة ما يستخدم البشر إمدادات المياه المتوافرة في المنطقة المحلية، ومن ثم حل مشكلة نقص المياه (إما بسبب كمية المياه، أو مشاكل جودة المياه) عن طريق نقل المزيد من المياه من مصادر، أو مواقع أخرى. يميل البشر إلى تغيير الدورة المائية عبر التنمية الحضرية، وزراعة الأراضي بالمحاصيل؛ ما هو تأثير ذلك على الدورة المائية، وهل من الممكن ان تكون الممارسات السابقة مستدامة في المستقبل؟

التنمية الحضرية Urban development

أدت التنمية الحضرية إلى السيطرة على سطح الأرض لعمل الشوارع، ومواقف السيارات، والأرصفة، والمنازل، مما ترتب عليه زيادة الجريان السطحي الناتج من الامطار، وتقليل التغذية للمياه الجوفية.

البيئات المشيدة قد تغطي ٨٠٪ أو أكثر من مساحة سطح الأرض بالمناطق الحضرية (انظر الشكل ٣,١٣).

الأسطح غير المنفذة، مثل الشوارع تسمح بزيادة سرعة الجريان السطحي لمياه الامطار، مما يقلل من احتمال تسرب المياه إلى التربة، وهذا يؤثر سلبا على مستويات المياه الجوفية، والجريان الأساسي في الأنهار والجداول المائية (توفر المياه على المدى الطويل غير مرتبط مباشرة بالعواصف المطرية). نسبة عالية من السطوح غير المنفذة في المناطق الحضرية مرتبطة بتخزين ونقل الحرارة، التي تؤدي في النهاية إلى وجود ميل كبير في درجات الحرارة بشكل مفاجئ، وتسمى " تأثير الجزر الحرارية بالمناطق الحضرية Urban heat island effect". هذا هو التعبير عن كيف أن التحضر المكثف يمكن أن يغير المناخ والهيدرولوجيا من منطقة معينة على النطاق المحلي.



شكل ٣،١٣ سقوف المباني والطرق المعبدة أوجدت طبقة سطحية غير منفذة أدت إلى زيادة الجريان السطحي والسيول.
(Photograph courtesy of USGS.)

في كثير من الأحيان تنتهي الأنهار إلى قنوات بالمناطق الحضرية، والهدف من هذه القنوات هو جمع المياه، وتصريف مياه الجريان السطحي بسرعة وكفاءة في المناطق الحضرية لمنع الفيضانات، وقد يسبب ذلك ارتفاعاً وانخفاضاً لمستوى المياه في الجداول المائية استجابةً للعواصف المطرية، وبالإضافة إلى ذلك، فإن هذا التنظيم للجريان السطحي يمنع تغذية المياه الجوفية، وتجديد الأراضي الرطبة المجاورة والبرك. يمكن توجيه المياه السطحية، التي غالبا ما تكون ملوثة بالنفايات الحضرية بسرعة أكبر إلى الأنهار والبحيرات، والموضوع الأكثر أهمية يمكن أن يكون فقدان أطراف الجداول المائية والحواجز الرملية، والأجزاء الضحلة والعميقة، وتفاوت تيار الماء في النهر، والتعرجات (المنحنيات الكبيرة والواسعة في النهر) التي توفر مأوى للأحياء المائية والأرضية، وبالإضافة إلى ذلك، فإن تكوين قنوات للنهر قد يغير من مستويات درجات الحرارة والرطوبة في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي في المنطقة المجاورة مباشرة. إيجاد هذه القنوات (فضلا عن وجود مناطق كثيرة غير منفذة في المناطق الحضرية) يمكن أن يخفض أو يزيد الحمل الحراري (ارتفاع تلقائي في الهواء)؛ لأن الأرض الجرداء، أو الأرصفة

تشع الحرارة منها بسرعة أكبر للهواء في الطبقة العلوية، وعادة ما تكون التربة الجافة أقل انعكاساً لأشعة الشمس (امتصاص أقل من طاقة الشمس)، وأقل تبخراً للماء إلى الجو.

زراعة الأراضي لإنتاج محاصيل Cultivation of land for crops

خصائص سطح الأرض، والغطاء النباتي، وإزالة الأشجار لزراعة المحاصيل هي عوامل يمكن أن تؤثر بشكل كبير على الدورة المائية في المنطقة. يتأثر كل من الجريان السطحي والتسرب إلى التربة والمياه الجوفية اعتماداً على نوع سطح الأرض، هذا أولاً، أما ثانياً، فإن كمية الغطاء النباتي مهمة جداً، إذ تؤثر درجة الامتصاص، وانعكاس ضوء الشمس من سطح الأرض على معدلات التبخر، ومستويات الرطوبة، وتكوين السحب، وعليه، فإن خصائص سطح الأرض والغطاء النباتي تؤثران في أنماط التساقط بالمنطقة.

أحواض تجميع المياه الجبلية هي جزء معقد من الدورة المائية، وللأسف، في كثير من الأحيان يحدث تعارض عندما يستخدم البشر مياه أحواض التجميع الجبلية لأغراض الري، في عام ١٩٩٥، على سبيل المثال، سجلت ١٤ نزاعا دوليا متعلقة بتوزيع إمدادات المياه الشحيحة، كما أن الصراعات الإقليمية أصبحت اعتيادية على هذا النوع من المياه، مثال ذلك ما يحدث في شرق أفريقيا حيث الأنهار الجليدية في جبل كينيا آخذة في الذوبان، ووضع مستخدمي المياه في خطر، جبل كينيا ثاني أعلى جبل في أفريقيا بارتفاع ٥١٩٩ متراً (١٧٠٥٧ قدماً)، ويقع إلى الجنوب من خط الاستواء، حدثت نزاعات بين المزارعين، في المرتفعات الجبلية، الذين قاموا بتحويل المياه لأغراض الري، في حين يقطن نحو مليوني شخص في المناطق المنخفضة، هم بحاجة إلى المياه نفسها في السنوات الأخيرة، تم تحويل المزيد من المياه للري في المناطق المرتفعه، وترك المناطق المنخفضة بكميات أقل من المياه المتاحة، ويعتمد هؤلاء السكان في المناطق المنخفضة على مياه جبل كينيا لتربية المواشي والمراعي، والسياحة في محميات الحياة البرية [٢٨].

في كينيا نجد أن المجتمعات أجبرت للبحث عن المياه بالمناطق المرتفعة للحصول على الامدادات الكافية. يتقاتل المزارعون مع بعضهم البعض بعضاً، فالرعاة في المناطق المنخفضة ينازعون المزارعين في المناطق المرتفعة، وآخرون يقاتلون عن احتياجات الحياة البرية والسياحة، بالإضافة إلى أن الحكومة الكينية أمرت بوقف الري، ولكن هذا أثر سلبيا على الاقتصادات البستانية الكبيرة التي تصدر المنتجات إلى الأسواق الأوروبية، وللأسف، فإن الحكومة الكينية لا تملك الموارد اللازمة لمراقبة جميع الأنهار وأحواض تجميع المياه في المنطقة.



شكل ٣,١٤ جليد كوري كاليس Qori Kalls المتدفق من طبقة Quelccaya المتجمدة في بيرو.
(Photograph by Lonnie Thompson)

مثال آخر منطقة دي كورديليرا (Cordillera de Vilcanota, Quelccaya Ice Cap)- التي هي مصدر تقليدي للمياه لسكان ليما، بيرو (انظر الشكل ٣,١٤). الجليد Quelccaya هو أكبر التجمعات الجليدية في جبال الأنديز في بيرو، وعلى الرغم من أن ارتفاع القمة ٥٦٧٠ متراً (١٨٦٠٢ قدماً)، فقد بدأت الكتلة الجليدية بالذوبان بمعدل متزايد على مدى العقد الماضي، هذا الوضع المقلق يضع ١٠ ملايين نسمة في خطر فيما يتعلق بمستقبل إمدادات المياه الخاصة بهم. جبال الألب في أوروبا بها كتل جليدية تقلصت إلى نصف حجمها، في أفريقيا، تقلصت الكتل الجليدية في جبل كينيا بنسبة ٤٠٪ منذ عام ١٩٦٣ [٢٩]. ولقد ورد في صحيفة ديلي نيشن في نيروبي في عام ٢٠٠٢ العنوان التالي "جبل كينيا القوي يتنازل في النهاية كونه نافورة ماء لا تنضب".

خلاصة الفصل Summary points

- نظام الأرض المائي هو عملية ديناميكية مدعوم من الطاقة الشمسية، تسمى الدورة المائية؛ لأن كل المياه على الأرض تشترك في دورة متحركة باستمرار للاستخدام والتجديد. تتم الدورة المائية في وقت واحد في الغلاف الجوي للأرض، والمسطحات المائية من الأراضي الرطبة إلى المحيطات، والنباتات، والتربة، والمواد الجيولوجية.

• الطقس حالة الجو في وقت ومكان معين، فهو يصف جزءاً رئيسياً من دورة الماء.

• المناخ حالة الطقس التي يمكن أن تتوقع خلال أشهر وسنوات، وحتى قرون في المستقبل. ويساعد المناخ العلماء في دراسة ما يحدث داخل الدورة المائية، وكيف يمكن أن يؤثر على الحياة في الأرض.

• أنماط الطقس مثل النينو، والنينا هي نتيجة لتقلبات في نظام المحيط والغلاف الجوي؛ مما يؤدي إلى برودة، أو سخونة، وكميات أمطار أقل من المعدل الطبيعي.

• تغير المناخ العالمي يمكن توثيقه من خلال دراسة حلقات جذوع الأشجار، الشعاب المرجانية بالمحيط، عينات الرسوبيات المأخوذة من البحيرات والمحيطات، وعينات الجليد المأخوذة من الأنهار الجليدية والقمم الجليدية.

• Paleoclimatology دراسة المناخات الماضية، وتساعد خبراء الأرصاد الجوية على فهم تغير المناخ الطبيعي.

• فيضانات الأنهار والجداول المائية التي تحدث بشكل طبيعي لتجديد ترب السهول، وتوفير مأوى لوضع البيض والتغذية لحيونات الحياة البرية، يمكن أن تتحول إلى كوارث عند تعارضها مع الاستخدام البشري لتلك الأراضي.

• الجفاف، هو الفترات الطويلة من قلة تساقط الأمطار عن المستوى الطبيعي، التي تحدث في جميع أنحاء العالم، ويمكن أن يسبب الجفاف لفترات طويلة المعاناة الإنسانية والخسائر الاقتصادية، والتدهور البيئي.

• يتم قياس شدة الجفاف بمؤشر بالمر لشدة الجفاف، الذي يعتمد على درجة الحرارة، وكميات الأمطار.

• الغابات الشمالية في أمريكا الشمالية هي أكبر الغابات المتبقية السليمة في العالم، إذ يمكن للغابات الكبيرة أن تغير المناخ العالمي من خلال امتصاص الكربون، وخفض الغازات المسببة للاحتباس

الحراري في الغلاف الجوي. اليوم الغابات الشمالية في أمريكا الشمالية وروسيا والغابات المطيرة البرازيلية هي الغابات الوحيدة والسليمة والكبيرة الخضراء، والحفاظ على هذه الغابات قد يحدث فرقا في موازنة الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

• يميل الإنسان إلى تغيير الدورة المائية من خلال إجراءين أساسيين: التنمية الحضرية، وزراعة الأراضي بالمحاصيل، هذان الإجراءان في الواقع يغيران المناخ على النطاق المحلي، التنمية المكثفة لمساحات واسعة يغير حركة المياه، بالإضافة إلى التسرب إلى التربة، وجودة المياه إن زراعة المساحات الواسعة تغير أيضاً من حركة المياه، وهذا يؤدي عادة إلى زيادة التعرية، وتدهور جودة المياه.

أسئلة للتحليل Questions for Analysis

١. لماذا تعتبر الأرض "كوكب الماء"؟

أ. الماء هو أساس الحياة على الأرض، (تحيط المياه بنا)، ويوجد في الهواء الذي نتنفسه بصورة بخار ماء غير مرئي وقطرات سائلة صغيرة. يملأ الماء كسائل الجداول، والخلجان، والأنهار، والأراضي الرطبة، والطبقات الحاملة للمياه الجوفية، والمحيطات الشاسعة. يتم تخزين الماء في التربة، وتشكل المياه المجمدة القمم الجليدية في القطبين بالكرة الأرضية، الجبال الجليدية، والأنهار الجليدية الجبلية. المياه في صورتيها المجمدة والسائلة تغطي نحو ٧٥ ٪ من سطح الأرض (ص ٦٧).

٢. ما هي وظائف التبخر والنتح في الدورة المائية؟

أ. فهي الآلية التي من خلالها يعود الماء من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي، هناك يمكن أن تتكثف وتسقط كأمطار ومواصلة الدورة المائية.

٣. ما هي أنواع الجفاف الأربعة، وكيف أنها تختلف؟

أ. جفاف الأرصاد الجوية – قلة التساقط عن الكميات الطبيعية، وحيث تختلف الظروف المناخية في جميع أنحاء العالم، فقلة التساقط لفترة شهرين في منطقة معينة (فالنسيا، اسبانيا) يعتبر عادياً، في حين أنه سيعتبر من الجفاف في سياتل، واشنطن (ص ٨١).

ب. الجفاف الزراعي – وهي الحالة التي تكون فيها المحتوي الرطوبي المتاح للتربة غير كافٍ لتوفير الاحتياجات لمحصول معين، أو الماشية في وقت معين.

ج. الجفاف المائي يحدث عندما تصل إمدادات المياه السطحية والجوفية إلى أقل من المعدل العادي، ويمكن قياسها كتدفق للجداول المائية، ومستويات الخزان، أو مستوى المياه الجوفية.

د. الجفاف الاجتماعي والاقتصادي يشير إلى الحالة التي يكون فيها نقص المياه مؤثراً على احتياجات الناس (ص ٨١-٨٢).

٤. ماذا تضيف دراسة المناخ القديم إضافة إلى معرفتنا عن التغير في المناخ العالمي؟

أ. المناخ القديم هو دراسة المناخ قبل بدء البشر بالاحتفاظ بالسجلات لمثل هذه الأحداث. استخدم العلماء السجلات البيئية الطبيعية مثل الحلقات في جذوع الأشجار، والشعاب المرجانية في المحيط، رواسب البحيرات والمحيطات، والأنهار الجليدية وغطاء الكتل الجليدية لإنشاء سجل من الظروف المناخية القديمة. توفر البيانات الطبيعية للعلماء أدلة من المعدلات على المدى الطويل والتغيرات التي حدثت قبل حفظ السجلات (ص ٨٤-٨٧).

٥. هل يمكن أن تضيع أجزاء من الدورة المائية ولا تزال تحافظ على البيئة الطبيعية كما نعرفها؟

أ. توفر الدورة المائية الماء الضروري للحفاظ على حياة الحيوانات والنباتات في بيئة المياه العذبة الطبيعية، وهي نظام ديناميكي معقد وقوده الشمس مع المكونات الرئيسية في جميع المراحل الثلاث للمياهاً؛ بخار الماء في الغلاف الجوي؛ السائل – في المحيطات والبحيرات، والجداول والمياه الجوفية، والصلبة – في الجليد والجبال

الجليدية والأنهار الجليدية والثلج، هذه المسارات من حركة المياه وتغيرات صور الماء تحافظ على الحياة على الأرض، وعدم وجود أي واحدة من هذه المسارات سيضع حداً لدورة الحياة كما نعرفها.

٦. ما هو تأثير التحضر على الدورة المائية؟

أ. نتائج التحضر في رصف سطح الأرض للشوارع ومواقف السيارات والأرصفة والعمارات، هذا يزيد من جريان مياه الأمطار ، ويقلل من تغذية المياه الجوفية. تسمح الأسطح المنفذة، مثل الشوارع، من زيادة سرعة جريان المياه السطحية، مما يقلل من احتمال تسرب المياه الجوفية وزيادة التعرية، هذا غالبا ما يؤثر سلبا على مستويات المياه الجوفية والمياه الاساسية في الجداول المائية (مستوى المياه في الجداول المائية الطويلة الأجل غير المرتبطة بالعواصف المطرية الفورية)، وترتبط نسبة ارتفاع السطوح غير المنفذة داخل المناطق الحضرية مع تخزين الحرارة ونقلها، مما يؤدي في النهاية إلى ارتفاع في درجة الحرارة بشكل مفاجئ، ويطلق عليه " تأثير الجزر الحرارية بالمناطق الحضرية Urban heat island effect"

ب. في كثير من الأحيان تشق الأنهار كقنوات (تعديل) في المناطق الحضرية، وقد يمنع نظام جريان المياه السطحية تغذية المياه الجوفية، والتجديد للأراضي الرطبة والبرك المجاورة. ويمكن توجيه المياه السطحية، والتي غالبا ما تكون ملوثة بالنفايات الحضرية، مباشرة إلى الأنهار والبحيرات، وقد يكون فقدان بناء الجداول المائية أكثر حرجا، مثل فقدان الحواجز الرملية، والمناطق الضحلة والعميقة، وتفاوت التيارات النهرية، والتعرجات (والمنحنيات الكبيرة والواسعة في النهر)، كل هذه المناطق توفر المأوى للأحياء المائية والبرية. تؤثر بشكل كبير خصائص سطح الأرض والغطاء النباتي، وإزالة الاشجار لزراعة المحاصيل على الدورة المائية في المنطقة، ويمكن تغيير الجريان السطحي والتسرب إلى التربة والمياه الجوفية حسب نوع سطح الأرض. درجة امتصاص وانعكاس ضوء الشمس من سطح الأرض تؤثر على معدلات التبخر، ومستويات الرطوبة، وتكوُّن السحب.

٧. كيف يمكن عالمياً تفادي الآثار السلبية للشارع الحضاري؟

أ. لدى بعض الطلاب رأي مستنير هنا، كالتخطيط المسبق للسماح بإقامة المناطق الخضراء، وإقامة المنازل لتقليل الأسطح المرصوفة، واستخدام المواد الحديثة المنفذة للطرق والمواقف، ومواقع المحلات التجارية

لتشجيع المجتمع على المشي وركوب الدراجات، واستخدام غرس الأشجار لامتصاص الكربون، وإقامة الحدائق في المجتمعات السكنية.

لمزيد من القراءة

Baver, L.D., W.H. Gardner, and W.R. Gardner, 1972, Soil Physics, New York: John Wiley and Sons.

Brady, Nyle C. and Ray R. Weil, 2002, The Nature and Properties of Soils, 13th edn, Upper Saddle River, N.J.

Prentice-Hall. Pielou, E.C., 1998, Fresh Water, Chicago, 111. University of Chicago Press.

Steinbeck, John, 1939, The Grapes of Wrath; repr. 2006, New York: Penguin. Taiz,

References

[1] E. C. Pielou, 1998, Fresh Water, Chicago, 111. University of Chicago Press, p246

[2] Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG), 1998, Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, Springfield, Va.: National Technical Information Service

[3] National Aeronautics and Space Administration (NASA), The Water Cycle, http://earthobservatory.nasa.gov/library/Water/printall.php/

[4] Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger, 2006, Companion to Plant Physiology 4th edn, http://4e.plantphys.net/

[5] Taiz and Zeiger; in particular, Essays 4.1, 4.2, and 4.3 are of interest

[6] Pielou, Fresh Water, p 3

[7] Pielou, Fresh Water, p 3

[8] US Geological Survey, "The water cycle: water storage in the atmosphere," http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleatmosphere. html, October 2008

[9] Brian Handwerk, 2004, "Global warming fast facts," National Geographic News, http://news.nationalgeographic.com/news/2004/12/ 1206_041206_global_warming.html

[10] National Climate and Data Center, 2007, Greenhouse Gases, http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/

[11] National Climate and Data Center and National Oceanic and Atmospheric Administration, http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/ globalwarming/whathtml

[12] National Climate and Data Center, 2007

[13] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "What is El Nino?" http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html, January 2007

[14] National Center for Atmospheric Research, "Children of the tropics: El Nino and La Nina," http://www.ucar.edu/communications/fact sheets/elnino/, January 2007

[15] Agriculture and Agri-Food Canada, Drought Watch, http://www.agr.gc. ca/pfra/drought/index_e.htm, January 2007

[16] US Geological Survey, "Flood hazards - a national threat," http://pubs. usgs.gov/fs/2006/3026/2006-3026.pdf, January 2007

[17] US National Weather Service, "What is meant by the term Drought?" http://www.wrh.noaa.gov/fgz/science/drought.php?wfo=fgz, January 2007

[18] NASA, "Drought and vegetation monitoring," http://earthobservatory. nasa.gov/Drought/, January 2007

[19] NASA, "Dry times in North America," http://earthobservatory.nasa. gov/Study/NAmerDrought/NAmer_drought_2.html, January 2007

[20] CNN, "Silently, starvation stalks millions in Africa," http://www.cnn. com/2003/WORLD/africa/01/25/africa.famine/index.html, January, 25,2003

[21] National Center for Atmospheric Research, "Children of the tropics"

[22] NOAA, "North American drought: a paleo perspective," http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_alleve.html, December 2006.

[23] NASA, The Water Cycle.

[24] John Steinbeck, 1939, The Graphs of Wrath; repr. 2006, New York: Penguin

[25] NOAA, "NOAA paleoclimatology global warming: the story," http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/globalwarming/home.html, December 2006

[26] Scott Weidensaul, 2007, "The last stand," Nature Conservancy Magazine, 57, Number 2

[27] NASA, "Drought and vegetation monitoring"

[28] Food and Agricultural Organization of the United Nations, "Besieged mountain ecosystems start to turn off the tap," http://www.fao.org/ english/newsroom/news/2002/9881-en.html, January 2007

[29] NASA, “Dry times in North America”.

[30] Lincoln and Eduardo Zeiger, Companion to Plant Physiology, 4th edn, http ://4e/plantphys .net/

الفصل الرابع

جودة المياه
Water Quality

يحكي صديق لي، وهو طفليقيم في دلتا المسيسيبي (منطقة على طول نهر المسيسيبي في ولاية أركنسو)، ويدرس في الصف الأول مادة الفن، أن المعلم يقيم أمر لطلاب الفصل بأن يرسموا صورة لجدول مائي، فأخذ صديقي أقلام الألوان بيده ورسم الجدول المائي بالقرب من منزله باللون البني، سخر أستاذه من جهده في الرسم، ورفع لوحة الرسم في الفصل وقال "الكل يعلم أن المياه زرقاء." يتذكر صديقي حتى يومنا هذا خيبة أمله، لأنه في سنواته السبع،لم ير الماء الأزرق [١].

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- مقدمة
- كيمياء المياه
- تدهور جودة المياه
- المياه النظيفة حق من حقوق الإنسان

المقدمة
Introduction

عندما نناقش جودة المياه في عالم اليوم، فإن مصطلح "الجودة" هو نسبي، أولاً، دعونا نعرِّف جودة المياه بأنها الخصائص الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية للمياه التي تتأثر بالجيولوجيا والمناخ والبيئة المحلية،

والبشر، هناك تعريفات أخرى، ولكن هذا التعريف يفي بالغرض، جودة المياه هو مصطلح نسبي لأن الجودة مرتبطة بالاستخدام المنشود للمياه.

من الشائع تحديد المستفيد من المياه، ثم اتخاذ القرار في تحليل الخواص الكيميائية والفيزيائية، أو البيولوجية المناسبة لغرض الاستخدام. تقارن عادة قيم هذه الخواص بالقيمة الحرجة أو الاسترشادية التي يحددها مصدر موثوق مثل منظمة الصحة العالمية (WHO) لمعايير مياه الشرب (متوفر على موقع المنظمة على الانترنت) [٢]. المواصفات القياسية لمياه الشرب، لأسباب مفهومة، أكثر صرامة، على سبيل المثال، يجب أن يكون الماء الذي نشربه أفضل جودة من المياه المستخدمة في ري المحاصيل، أو المسطحات الخضراء. يمكن أن يحتوي ماء الري على الملوثات البيولوجية غير الصالحة للشرب، ولكن لا تضر بالمحاصيل. ملاعب الغولف في توسان، أريزونا، على سبيل المثال، يتم ريها بـ "المياه الرمادية" التي جمعت من أحواض الاستحمام، والدشات، والغسيل، وتستخدم بشكل منفصل عن مياه الشرب.

عادة ما تحتوي البحيرات والجداول المائية على الميكروبات وغيرها من الكائنات التي تسبب مشاكل صحية في حالة شربها، ولكن لا تضر الأسماك أو الحيوانات البرية. أغلب المياه غير صالحة للشرب من قبل البشر دون معالجة، ولكن معظم المياه ليست سامة، بدلا من ذلك، فإن معظم المياه العذبة الموجودة في الطبيعة متوسطة الصلاحية للشرب. على مستوى العالم تُعرف جودة المياه حسب غرض الاستخدام، وبالتالي، فجودة المياه نسبية.

أحد العوامل المهمة في تحديد استخدام المياه هو معرفة حالة وجودها على الأرض، فهل هي مياه جوفية أو مياه سطحية؟ وإذا كانت مياه سطحية، فهل هي ضمن بحيرة، خزان، جدول مائي، نهر، محيط، أو في مكان آخر؟ أو ان المياه السطحية تقع في منطقة جبلية، وادي، السهول الفيضية، أو بالقرب من المناطق ذات الكثافة السكانية، أو معزولة عن معظم الأنشطة البشرية؟ يتأثر استخدام المياه بعدد السكان الذين يحتاجون إلى استخدامها وبطريقة الاستخدام، هل الأنهار تستخدم بشكل رئيسي من

يعتبر نهر الجانج في الهند نهر مقدس من قبل الهندوس والبوذيين وجاين (انظر الشكل ٤,١). حيث تأتي الملايين لتنغمس في مياهه، للحصول على المغفرة والخلود. عندما يموت الهندوس يحرق ويرش رماده في النهر لضمان الحياة الأبدية. للأسف، لا يمكن حتى هذا النهر المقدس أن يلبي احتياجات أكثر من مليار شخص. نهر الجانج ملوث بمياه الصرف الصحي الخام، والنفايات الصناعية، والقمامة، وحرق الجثث البشرية. ومع ذلك، يتم استخدام مياه النهر لأغراض الري، والاستحمام، والماشية، وكذلك مصدر لمياه الشرب [٣]. كيف يمكن استعادة نوعية المياه الجيدة في هذا النهر؟ كيف يمكن حماية ذلك؟ لدى المجلس المركزي لمكافحة التلوث في الهند [٤] مهمة صعبة لحماية جودة المياه، وتخصيص المستخدم المناسب والمعايير المحددة، ووضع نظام مراقبة لنوعية المياه. سيكون من المثير للاهتمام متابعة الوصول إلى أهدافهم.

قبل الأسماك والحياة البرية مع الاستخدام البشري في بعض الأحيان، أو هل النهر سيوفر إمدادات مياه الشرب لمراكز التجمع السكاني الكبيرة؟

تعمل وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) على إنفاذ قانون المياه النظيفة بين الولايات والقبائل الأميركية الأصلية لتحديد استخدام المياه الطبيعية، وتشمل هذه الإجراءات إمدادات المياه العامة، وحماية الأسماك والمحار، والحياة البرية، والترفيه، والزراعة، والصناعة، والنقل، والعوامل الماخوذة في الاعتبار هي الخواص الفيزيائية البيولوجية، والكيميائية للمسطحات المائية، والموقع الجغرافي المحلي، والقيم الجمالية للمواقع، والاعتبارات الاقتصادية. يجب أيضاً أن تعدل المعايير المعتمدة لحماية جودة المياه للاستخدام المقصود، تقع معايير جودة المياه ضمن العناوين العامة لصحة الإنسان، والحياة المائية والبيولوجية والمواد المغذية، ومسببات الأمراض الميكروبية، والرواسب [٥].

كيمياء المياه
The Chemistry of Water

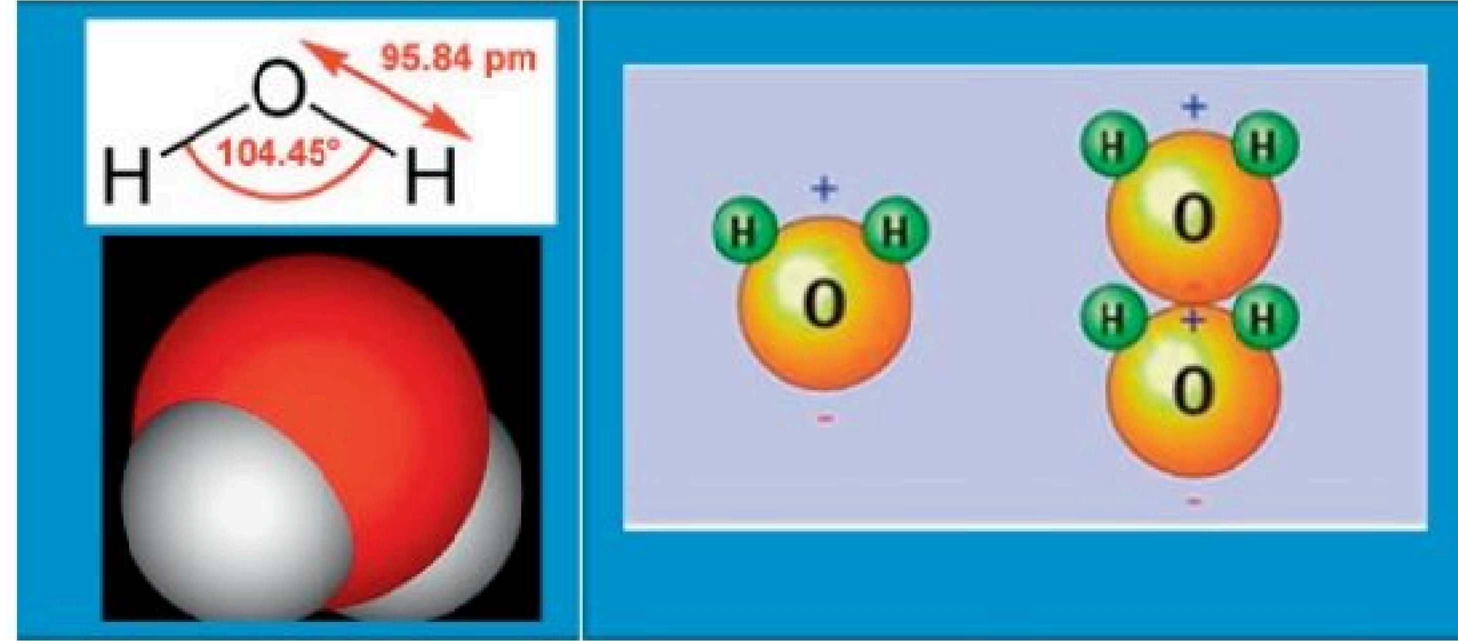
تعتبر كيمياء المياه مهمة لفهم ودراسة جودة المياه. الماء هو مادة مذهلة جداً، كما ذكرنا في الفصل السابق، فإن الماء موجود على ثلاث صور: السائل والصلب والغاز، عند درجات الحرارة العادية (٠ -١٠٠°م، أو ٣٢ -٢١٢°ف). والماء هي المادة الوحيدة على الأرض التي تمتلك هذه الخاصية، وكل ذلك يبدأ مع الكيمياء.

الماء له وزن جزيئي صغير (مجموع الأوزان الذرية للذرات التي تشكل جزيء الماء). يتكون الماء من ذرتين من الهيدروجين (الوزن الذري ١)، وذرة واحدة من الأكسجين (الوزن الذري ١٦). مجموع الوزن الجزيئي يساوي ١٨: (٢ × ١) + ١٦ = ١٨. وبمقارنة جزيء الماء مع جزيء آخر بسيط، H_2S (كبريتيد الهيدروجين) غاز له رائحة البيض الفاسد من كيمياء المدرسة الثانوية، مرة أخرى، لدينا ذرتان من الهيدروجين وذرة واحدة من الكبريت (الوزن الذري ٣٤) الذي يحل محل ذرة الأكسجين في جزيء الماء، الوزن الجزيئي لجزيء H_2S هو (٢ × ١) + ٣٤ = ٣٦، الوزن الجزيئي لكبريتيد الهيدروجين ضعف الوزن الجزيء للماء، ومع ذلك فالماء بصورة سائلة وكبريتيد الهيدروجين بصورة غاز في درجة الحرارة نفسها. الجزيئات بهذا الصغر عادة ما تكون في صورة غاز في درجات حرارة الجو المحيط، لذا، لماذا الماء مختلف؟



شكل ٤,١ يخدم نهر الغانج Ganges أغراضاً كثيرة ويتأثر بشكل كبير وضار بتلك الاستخدامات. مدينة فاراناسي Varanasi، واحدة من أقدم المدن المأهولة باستمرار في العالم، تقع على ضفة نهر الغانج، بولاية أوتار براديش، الهند.
(Photograph by J. M. Suarez available at http://commons.wikimedia.org/ wiki/File: Ganges_river_at_Varanasi_2008.jpeg.)

ستناقش التركيب الجزيئي وكيفية ترتيب الذرات، ولماذا هو المفتاح لهذا الاختلاف، وهل يسير التركيب الجزيئي لكبريتيد الهيدروجين بشكل خطي، أو خط مستقيم، بينما الماء يوجد في شكل جزيء ثنائي القطب، أو الأقطاب كما يسميه الكميائيون، لدى التركيب الجزيئي قطبان، واحد سالب (بسبب الأكسجين)، والآخر موجب (بسبب كل ذرة من الهيدروجين). السالبية للأكسجين (الكهربائية السالبية) هي أقوى من الهيدروجين الموجب والتي تسبب القطبية، تسبب القطبية لجزيء الماء بأن يرتبط الأكسجين مع الهيدروجين بزاوية محددة للغاية، ١٠٤،٤٥° وإعطاء الماء شكل V بالغة الإنجليزية، ينجذب القطب الموجب الشحنة لجزيء الماء إلى القطب سالب الشحنة على جزيء آخر من الماء في المحلول، الروابط المشكلة تسمى الروابط الهيدروجينية، هذه الروابط ليست قوية مثل روابط الأكسجين والهيدروجين معاً، وهي تتشكل بسهولة، وتتفكك بسهولة، وتتشكل مرة أخرى، تسبب الرابطة الهيدروجينية لجزيئات الماء لأن يكون بمثابة وحدة من جزيئات عديدة بدلاً من أن يكون جزيئات صغيرة مستقلة، ولذلك، يعمل الماء بشكل أكبر من حجمه، وهذا يفسر الكثير من خصائص الماء الفيزيائية غير العادية، بما في ذلك طبيعته السائلة على نطاق واسع من درجة الحرارة (٠° –١٠٠°م) (انظر الشكل ٤,٢).



شكل ٤,٢ الشكل البنائي للماء يوضح في ثلاث طرق. لاحظ أن طول الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين تساوي ٩٥,٨٤ picometers

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء Physcial-chemical properties of water

ماذا نعرف عن خصائص الماء المرتبطة بالجودة؟ يسمى الماء المذيب العالمي لمواد كثيرة من الأملاح إلى الحليب المجفف التي تذوب فيه. بالطبع، هناك العديد من المواد لا تذوب في الماء، ولله الحمد، حيث تتضمن القائمة العديد من المعادن والمواد العضوية التي تشكل الجليد، وتسمى المواد التي لا تذوب فيه بالمواد الكارهة للماء hydrophobic، مثل الدهون. العديد من أوراق النبات مغطاة بطبقة البشرة التي تحتوي على مواد شمعية كارهة للماء البشرة شمعية توفر طبقة واقية وتكون بمثابة آلية لحفظ المياه (انظر الشكل ٤,٣). المياه النقية نادرة في الطبيعة، وحتى مياه الأمطار تحتوي على مواد مذابة، وجزيئات الغبار، وغيرها من المواد التي تجمعها من الجو، أو من التربة والمواد الجيولوجية - خواص الماء كمذيب يرجع لطبيعته القطبية- يتم عزل جزيئات الماء وإحاطة الأيونات الفردية في المحلول عن طريق فصلها إلى أقطاب موجبة.أو سالبة، التصور هذا للأيونات كارتداء "معطف المياه" الذي يبقي الجزيئات بعيداً عن بعضها.

الكثافة Density

الكثافة هي كتلة وحدة الحجوم، ربما سألك المدرس بأن تخلط النفط والمياه، والسماح لهما بالانفصال ثم يسأل لماذا النفط يطفو على الماء؟ الإجابة أن النفط أقل كثافة، أو ربما أخف من الماء، في الواقع، معظم الزيوت النباتية لديها كثافة في معدل ٨٠٠ إلى ٩٢٠ كجم في المتر المكعب، قد تكون القضية مهمة جدًّا في موضوع جودة المياه – مثل تسرب النفط (انظر الجدول ٤,١). أو التخلص من نفايات النفط بشكل غير قانوني النفط، هذه التسربات قد تكون على نطاق واسع أو صغير نسبياً، ولكن كل له عواقب على جودة المياه، والحياة البرية، والبيئة.



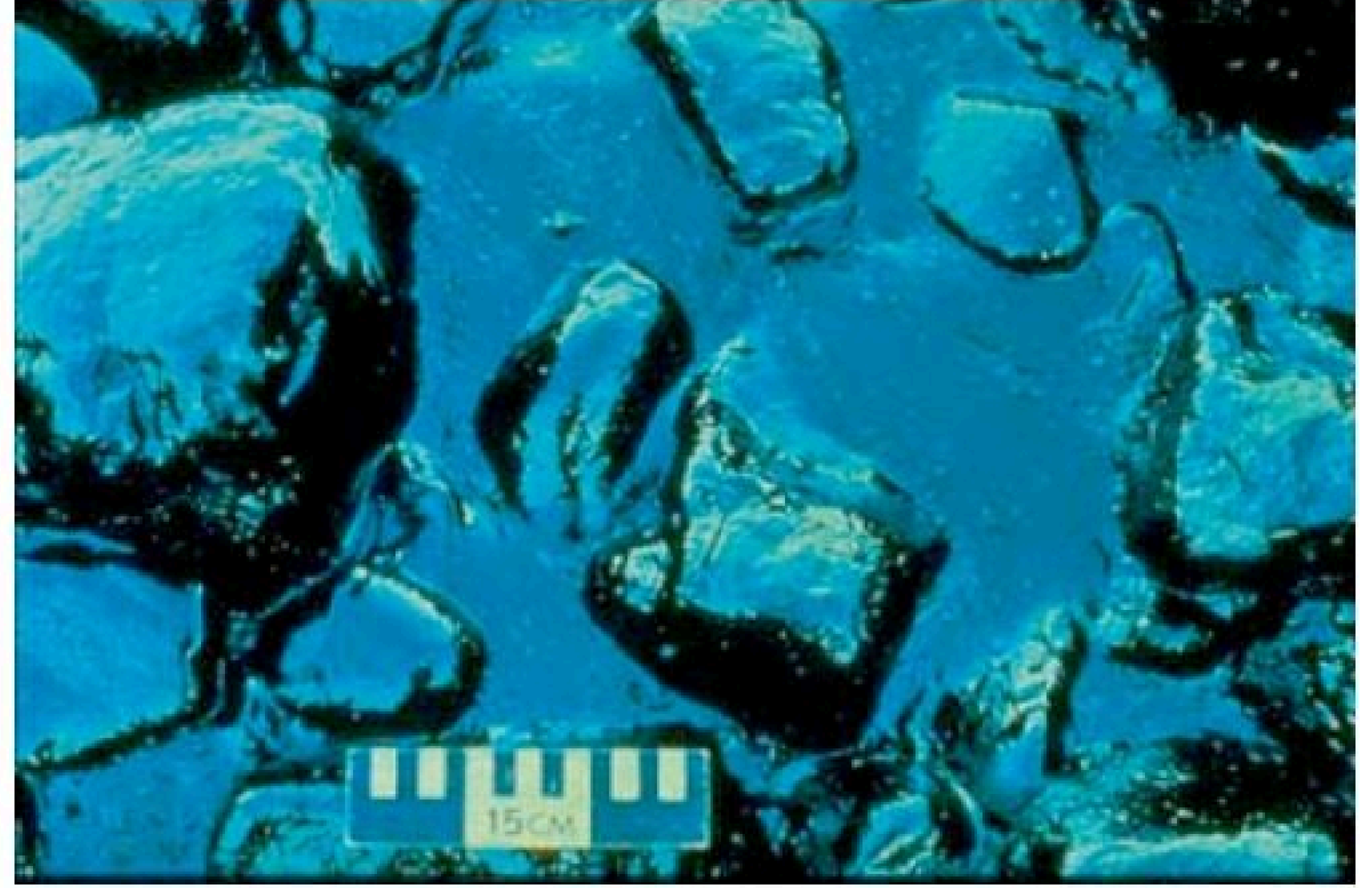
شكل ٤,٣ ندى الصباح على أوراق النباتات. أوجد المصور الفن من الطبيعة.
(Photograph by Michael Apel available at http://en.wikipedia.org/wiki/File: Dew_2.jpg).

يمكن أن يحدث تسرب للنفط عندما تسبب العواصف ضرراً لأوعية تخزين النفط في المناطق الساحلية، الناتج من غرق سفن الشحن، أو ناقلات، وفشل وحدات حفر الآبار، أو من لامبالاة بعض الأشخاص .

كان غرق السفينة اكسون فالديز في عام ١٩٨٩ كارثة بيئية [٦]. فقدت السفينة نحو ٤٠ مليون لتر (١١ مليون جالون) من النفط الخام عندما جنحت في مضيق الأمير ويليام، ألاسكا، هددت ثعالب البحر والحيتان نحو ١٠ ملايين من الطيور المهاجرة وصناعة صيد الأسماك الرئيسية (انظر الشكل ٤,٤). لم يكن أحد جاهزاً للتعامل مع مثل هذه الكارثة الكبيرة في موقع بعيد والوصول إليه بواسطة القوارب وطائرات الهليكوبتر. بذلت جهود هائلة لاحتواء وتنظيف التسرب، مما جعل الكونغرس يمرر لاحقا قانون التلوث النفطي لعام ١٩٩٠. عزز هذا القانون قوانين الولايات المتحدة، التي تشرط على ناقلات النفط بأن تكون مجهزة بشكل كافٍ، والاستفادة من نظم الاتصالات المحسنة. الآن هناك خطط للطوارئ وتم إنشاء صناديق للتعامل بشكل أكثر كفاءة مع الكوارث البيئية في المستقبل.

جدول ٤,١. الخواص الفيزيائية للماء والقيم المهمة (نوقشت بالتفصيل في هذا الفصل)

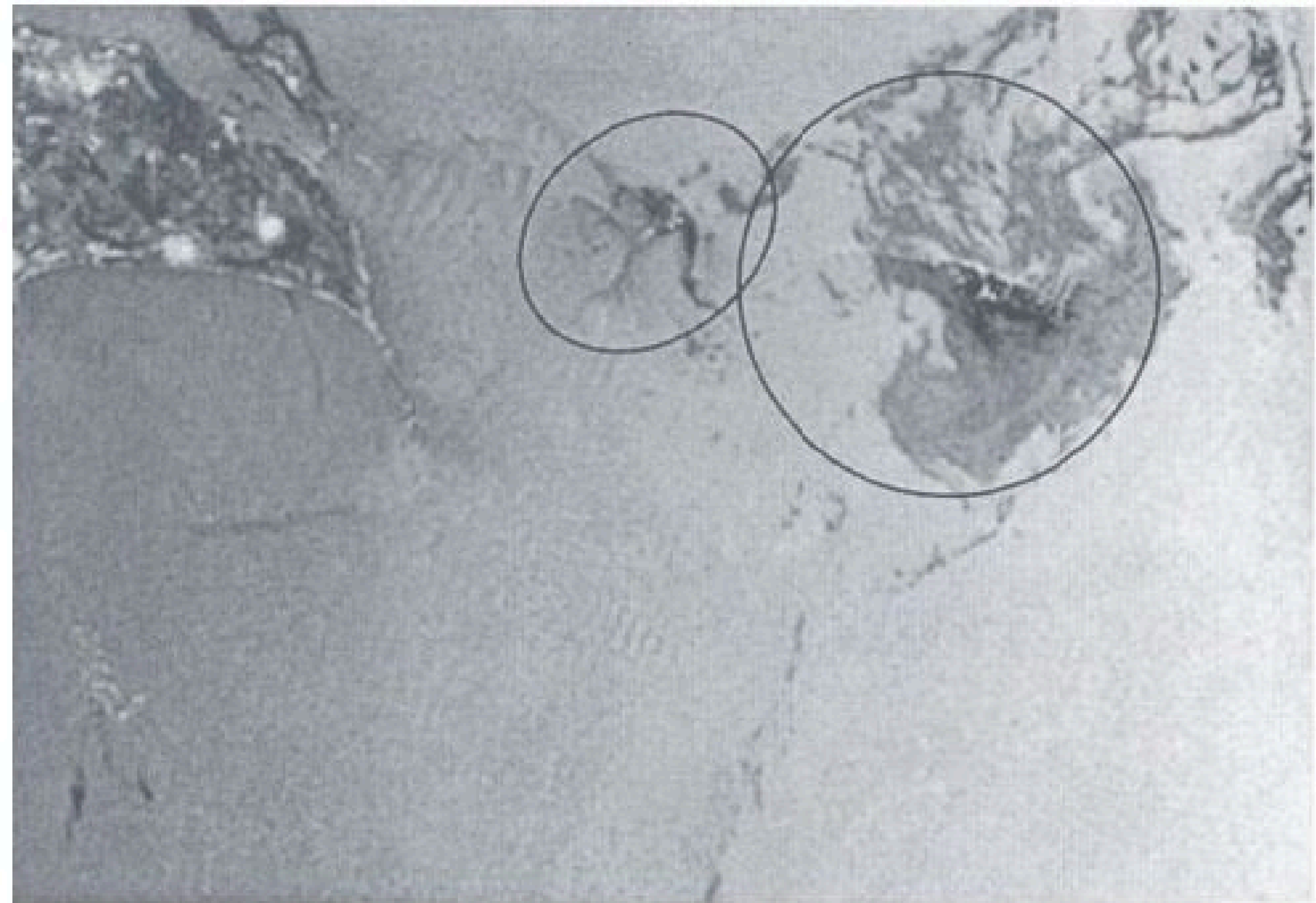
الصفة الفيزيائية	القيمة
كثافة السائل	١٠٠٠ كجم/ م^{٣}
كثافة الصلب	٩١٧ كجم/ م^{٣}
السعة الحرارية النوعية (سائل)	٤١٨٦ جول/ (كجم. كالفن)
السعة الحرارية النوعية (صلب)	٢٠٦٠ جول/ (كجم. كالفن)
رقم الحموضة المتعادل*	٧
الجذب السطحي عند ٢٠ مْ	٠,٠٧٢٨ نيوتن/ متر



شكل ٤,٤ بعد ٣ أيام من حادثة إكسون فالديز الشهيرة، دفعت عاصفة كميات كبيرة من النفط الخام على الشواطئ الصخرية من العديد من الشواطئ في سلسلة جزر نايت Knight. في هذه الصورة، يظهر النفط المجمع (اللمعان هو النفط) بين الصخور.
(Photograph and text courtesy of NOAA)

التسربات النفطية سوف تحدث، - الأساليب المستخدمة لمكافحة كارثة إكسون فالديز استخدمت في مناطق أخرى كما هو الحال في نيو أورليانز، لويزيانا - فبعد ضرب الإعصار كاترينا ساحل الخليج في أغسطس ٢٠٠٥، انتهت حوالي ٢٥ مليون لتر (٦,٥ مليون جالون) من النفط في بحيرة بونتشارترين بعد حدوث العاصفة.

على الصعيد العالمي، يتم استخدام صور الأقمار الصناعية لتقييم ومراقبة تسرب النفط، الصورة في الشكل ٤,٥ من وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) ضمن برنامج مراقبة الأرض، المركبة الفضائية الأوربية، انفيسات، هي أكبر مركبة شيدت لمراقبة الأرض على الإطلاق [٧]. وساعد أحد مشاريع وكالة الفضاء الأوروبية بإنشاء برنامج للكشف عن التسربات باستخدام تحليل الصور. يتم تحديد المواقع المتضررة مبكراً للتنظيف. توفر الصور أيضاً معلومات لمعرفة أي إغراق متعمد في المناطق النائية [٨]. يمكن الذهاب إلى موقع وكالة الفضاء الأوروبية لرؤية بعض الصور المدهشة.



شكل ٤,٥ صورة للأقمار الصناعية لمنصة نفط (النقاط الفاتحة) بالقرب من باكو، اذربيجان ببحر قزوين.
(Photograph courtesy of European Space Agency (ESA) Earth Observation Program)

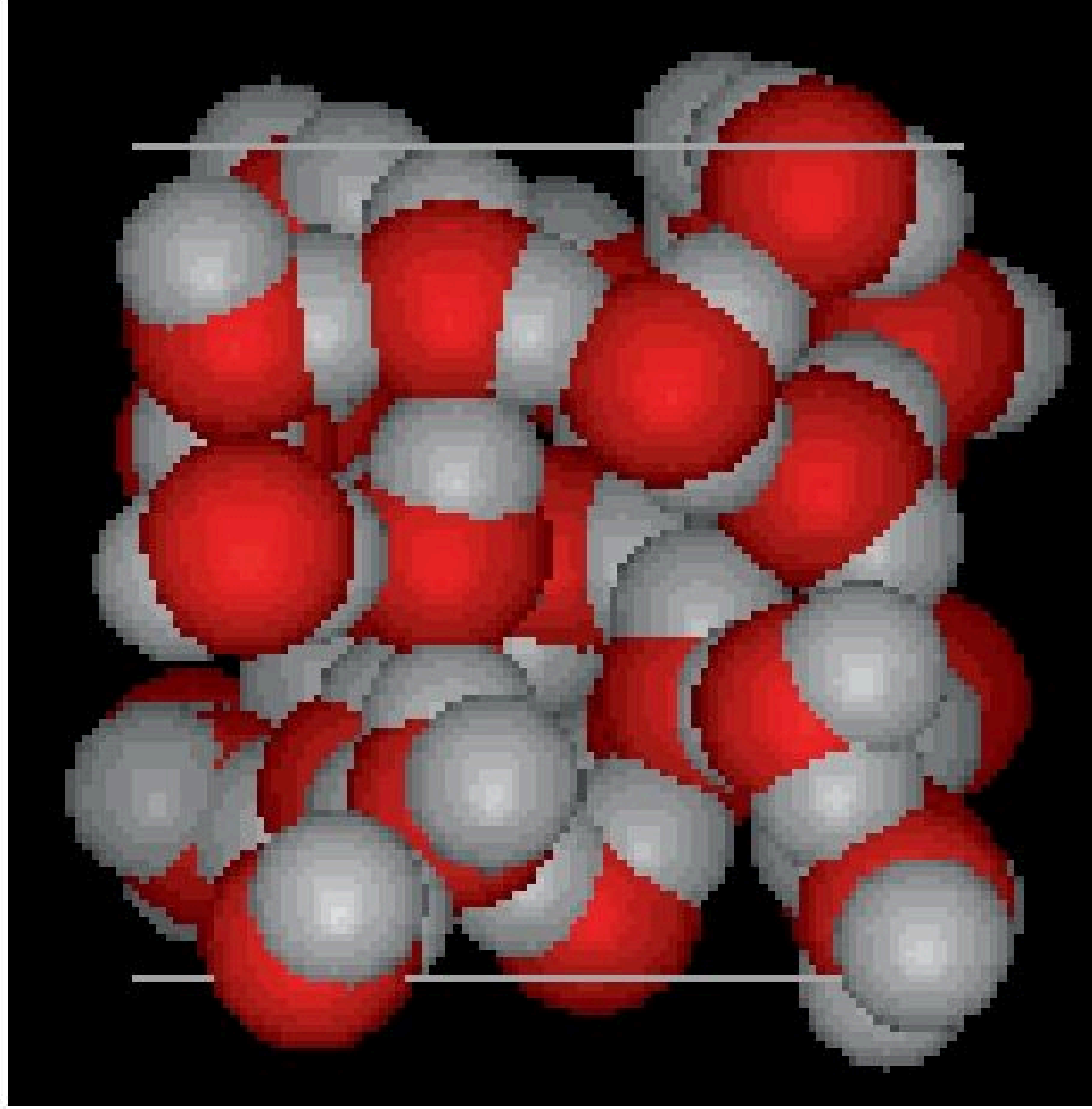
لاحظ في الجدول ١ , ٤ أن كثافة الماء الصلب (الثلج) هو أقل من الماء السائل، هذه الخاصية تسمح بطفو الجليد على السطح، لماذا يطفو الجليد؟ هذا يرجعنا مرة أخرى إلى التركيب الجزيئي. المياه في الصورة الصلبة لديها بنية بلورية محددة، بدلاً من أيونات الهيدروجين السائبة في الماء السائل، هذا الهيكل البلوري ذو اوزان أقل لوحدة الحجم؛ لأنه يحتوي على مسافات (انظر الشكلين ٦ , ٤ و٧ , ٤)، وبالتالي فإنه يطفو، قدرة الجليد للطفو هي خاصية أخرى للماء تترتب عليها آثار هائلة في بيئتنا.

فكر في الآتي Think about it

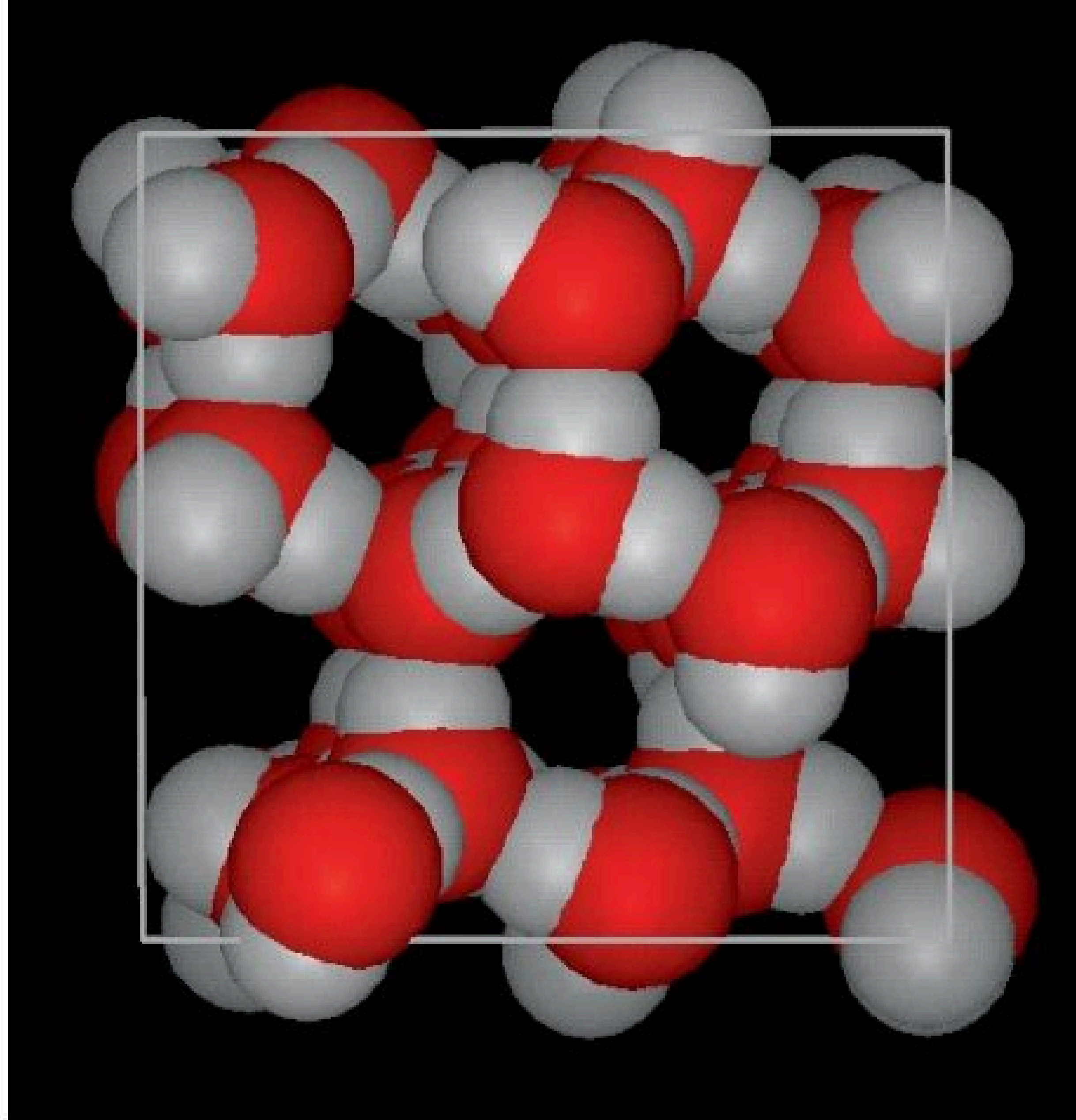
ماذا لو لم يكن الجليد طافيًا؟ هل يمكن للحياة كما نعرفها أن تكون موجودة على الأرض؟

السعة الحرارية Specific heat capacity

السعة الحرارية هي مقياس لمقدار الحرارة التي يمكن تخزينها مادة ما، وتقاس بكمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من مادة ١°م. يخزن المياه كمية من الحرارة قبل أن يتحول إلى غاز. بيئياً، تعتبر المحيطات بأنها أجسام ضخمة تمتص الحرارة التي تساعد على تنظيم توازن الطاقة للأرض. الشمس تشع الطاقة على كوكب الأرض، ويمتص الغلاف الجوي بعضاً منه، ومع ذلك، تمتص المحيطات قدراً كبيراً من الطاقة الحرارية وتحريكها حول تيارات المحيط. تطلق المحيطات الطاقة الحرارية ببطء أكثر من الغلاف الجوي، (يمكن للطاقة الحرارية الانتقال آلاف الكيلومترات في تيارات المحيطات قبل إطلاقها في الغلاف الجوي). الأثر الصافي هو أن المحيطات تعمل على اعتدال الطاقة الحرارية على الأرض. الجدول ٢ , ٤ يقارن الحرارة النوعية لعدة مواد شائعة، وتلاحظ أن الماء أعطى صوره الثلاث.



شكل ٤,٦ الماء السائل دون فراغات (بين الجزيئات) في الفراغ.



شكل ٤,٧ الماء في حالة التجمد مع البناء البلوري الواضح والفراغات ليجعله أخف وزنا ويطفو.

جدول ٢ , ٤ . السعة الحرارية النوعية لبعض المواد الشائعة.

	الطور	C_p (J/(g. K))	C_p (J/(mol. K))
هواء (مستوى سطح البحر، جاف، صفر درجة مئوية)	غاز	١,٠	٢٩
ألومنيوم	صلب	٠,٩	٢٤
ألماس	صلب	٠,٥	٦,١
نيتروجين	غاز	١,٠٤	٢٩,١
جازولين	سائل	٢,٢	٢٢٨
هيدروجين	غاز	١٤,٣	٢٨,٨
أوكسيجين	غاز	٠,٩	٢٩,٤
ماء	غاز (١٠٠ْم)	٢,٠٨	٣٧,٤٧
	سائل (٢٥ْم)	٤,١٨١٣	٧٥,٣٢٧
	صلب (صفر درجة مئوية)	٢,١١٤	٣٨,٠٩

فكر في ذلك Think about it

كيف سيبدو سطح الأرض، وكيف ستتغير أنماط الطقس، لو لم يكن لدى الماء سعة حرارية عالية؟ لماذا تعتقد أن الماء السائل يمتص الحرارة أكثر؟

التماسك والالتصاق Cohesion and adhesion

تنجذب جزيئات الماء مع بعضها بعضاً وهذا التاثير يسمى التماسك (انظر الشكل ٤,٨). تماسك جزيئات الماء سمح لتشكيل طبقة رقيقة مجتمعة بقوة التوتر السطحي، ظاهرة الالتصاق هي التصاق جزيئات الماء إلى السطوح الأخرى. أسقطْ بعض قطرات الماء على السطوح غير المنفذة، شاهد تحرك هذه القطرات، هل شاهدتم أحداً يخطو عبر سطح بركة؟ هل لاحظت أن الماء في القش لديه تقعر عالٍ؟ هل حاولت تعويم مشبك الورق على سطح الماء، أو إلقاء زهرة على المياه تجدها تطفو؟ هذه كلها أمثلة على التوتر السطحي، نتيجة التماسك والالتصاق،

بيولوجياً، التوتر السطحي مهم جداً في نقل المياه خلال النباتات، ويؤدي التوتر السطحي دوراً في حركة ماء التربة، بل في حركة الملوثات المحتملة.

الرقم الهيدروجيني pH

واحدة من أهم خواص المحلول التي يجب معرفتها، الرقم الهيدروجيني، وهو مقياس لحموضة المادة الطبيعية (pH <7.0) أو قلويتها (pH>7.0). يوجد الماء النقي بصورة معتدلة لا حامضي، أو قاعدي؛ مع الرقم الهيدروجيني



شكل ٤,٨ قطرات الماء تلتصق ببعضها بعضاً عن طريق التماسك، وجذب جزيئات الماء مع بعضها البعض.
(Photograph adapted from http://www.cbu.edu/~seisen/PropertiesOfWater.htm.)

يساوي ٧,٠. ومع ذلك، نحن نعرف أن الماء ليس نقياً في الطبيعة، ولكنه يحتوي على المواد الذائبة. يحتوي المطر على كل من ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، حيث تجعل قراءة الرقم الهيدروجيني للماء حوالي ٥,٦. ينبغي عدم الخلط بينه وبين الأمطار الحمضية الخطيرة ذات درجة الحموضة ٤,١ إلى ٤,٤، والناجمة عن انبعاثات أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين من المناطق الصناعية، وتوليد الطاقة، ومحركات الاحتراق (الطائرات والقطارات والسيارات والحافلات والسيارات، والدراجات النارية ... إلخ). تشكل هذه الأكاسيد حامض الكبريتيك، أو النيتريك، كلما زادت الأمطار الحامضية زاد الضرر الذي تحدثه على كل شيء من البحيرات والأشجار إلى المباني والنصب التذكارية.

التخمير هو من الصناعات الكيميائية. كان الدنماركي الكيمياء الحيوية سيرين سورنسون Soren Sorenson مدير مختبرات كارلسبرغ في كوبنهاغن، الذي كان مدعوماً من قبل شركة تخمير كارلسبرغ. طور سورنسون نظام من المعادلات لوصف درجة الحموضة، ومقياس درجة الحموضة بعام ١٩٠٩. وكان بحاجة إلى طريقة مريحة للتعبير عن الحموضة، وتطوير مقياس لدرجة الحموضة. ساعدته زوجته، مارغريت سورنسون، في هذا العمل [٩].

يوفر الجدول ٤,٣ معدلات قيم الرقم الهيدروجيني لعرض قيم درجة الحموضة النسبية.

التوصيل الكهربي Specific conductance

يقيس التوصيل الكهربي قدرة المحلول على توصيل الكهرباء، ويقاس التوصيل الكهربي، أو يصحح عند درجة حرارة ٢٥°م (٧٧°ف)، ويعبر عنها بوحدات ميكروسمنز لكل سنتيمتر (mS/cm). يعتمد التوصيل الكهربي على درجة الحرارة، يقاس التوصيل الكهربي عند درجة حرارة قياسية بحيث يمكن مقارنة القيم زمانياً (الوقت)، ومكانياً (الموقع)، والماء النقي لا يقوم بالتوصيل الكهربي، ولكن هناك قيماً للمحلول المذاب به الأيونات، تذكر، لا يوجد مياه نقية في الطبيعة، تذوب الأملاح في الماء وتنفصل إلى الأيونات المكونة لها، كلما زادت الأيونات في المحلول زادت قيم التوصيل الكهربي، على سبيل المثال، كلوريد الصوديوم، المعروف أيضاً باسم ملح الطعام (NaCl)، يتأين لأيونات Na^+ وأيونات Cl^-. لاحظ أن الأيونات ذات شحنات موجبة وسالبة، مما يعطيهم القدرة على نقل الكهرباء، يوفر التوصيل الكهربي مقياساً غير مباشر لمحتوى الأملاح (الأملاح الذائبة، أو TDS) للمحلول.

جدول ٤,٣ . قيم الرقم الهيدروجيني pH لبعض السوائل الشائعة للمساعدة في فهم المدى بين المواد الحمضية والقاعدية.

المادة	رقم الحموضة
بطارية حامضية	< ١
عصارة معوية	٢,٠
عصير ليمون	٢,٢
خل	٣,٠
عصير برتقال	٣ – ٤
مطر	٥,٦
حليب	٦,٥
ماء مقطر	٧,٠
دم	٧,٣٤ – ٧,٤٥
ماء بحر	٨,٠
زلال البيض	٨,٤
صابون عادي	٩,٠ – ١٠,٠
أمونيا	١١,٤
مبيض	١٢,٥
غسول متزلي	١٣,٦

غالباً ما تقرب الكمية الكلية للأملاح الذائبة إفتراض الأملاح تقدر ٦٤-٧٠٪ من التوصيل الكهربي. على سبيل المثال، إذا كانت قيمة التوصيل الكهربي هي ١٠٠ ميكروسيمنز/ سم، فإن الأملاح الكلية الذائبة TDS هي ٦٠٪ من ١٠٠، أو ٧٠ ملجرام/ لتر. لا تعطي قيم TDS الأيونات التي توجد في المحلول، بل تعطي التركيز.

أنواع الأيونات الموجودة مهمة بشكل خاص للاستهلاك البشري ولثبات التربة، على سبيل المثال، لا يستطيع البشر، تحمل Cl^-، والكميات العالية من الصوديوم يمكن أن تتسبب في تفريق حبيبات الطين بالتربة، ظاهرة تفريق الحبيبات تقلل من حركة المياه في التربة واستقرار التربة في عمليات البناء (المنازل والحواجز، إلخ.). تركيز الأملاح في المياه يمكن أن يحدث فرقاً كبيراً في مدى ملاءمة المياه للشرب وزراعة النباتات، لا يمكن أن يتحمل البشر، والحيوانات، ومعظم النباتات كميات كبيرة من الأملاح في الماء.

الأكسجين المذاب Dissolved oxygen

يطلق على الأكسجين الذي ينتشر من الجو إلى الماء بالأكسجين المذاب (DO). هذا الأكسجين ضروري للكائنات الحية مثل الأسماك والعوالق الحيوانية والعديد من اللافقاريات الصغيرة والكائنات الحية الدقيقة، يختلف تركيز الأكسجين المذاب في المياه الطبيعية مع اختلاف درجة حرارة المياه، والوقت من اليوم، والملوحة، وكذلك الموسم. نظرياً، يمكن أن يتراوح الأكسجين المذاب بين صفر و١٨ مليجراماً لكل لتر (ملجم/ لتر).

معظم النظم المائية تتطلب الحد الأدنى من الاكسجين المذاب بمعدل يتراوح بين ٥-٦ ملجم/ لتر، لدعم الكائنات الحية، تختلف مستويات الأكسجين المذاب مع نوع من الكتلة المائية، في حين تختلف متطلبات الأكسجين المذاب مع أنواع الكائنات الحية الموجودة، تستهلك الميكروبات الموجودة في المياه المواد العضوية الناتجة من تحلل النباتات الطبيعية، أو من المخلفات الملقاة في المياه، تستخدم هذه الميكروبات الأكسجين المذاب لتحليل المواد العضوية إلى مركبات أبسط للحصول على الطاقة (الغذاء). يتم قياس تركيز المواد العضوية القابلة للتحلل من المياه بشكل غير مباشر بطريقة الطلب على الأكسجين البيولوجي (BOD)، وهو كمية الأكسجين الذائبة التي تحتاجها الميكروبات الهوائية لتحلل المواد العضوية، ويستخدم باعتباره مؤشراً للتلوث [١٠]. قد تحتوي الأنهر غير الملوثة (البكر) Pristine rever على قيم BOD تساوي ١ ملجم/ لتر، ولكن المياه المعالجة ثلاثيا (مياه الصرف الصحي) يمكن أن تحتوي على ٢٠ ملجم/ لتر. يمكن أن تصل قيم BOD في مياه الصرف الصحي غير المعالجة

جيدا إلى ٢٠٠-٦٠٠ ملجم/ لتر. يستخدم مصطلح BOD بشكل روتيني لاختبار زيادة تركيز المواد العضوية من مصادر مياه الصرف الصحي، جدول ٤,٤ يوفر إطاراً مرجعياً.

يقاس الطلب على الأكسجين الكيميائي (COD) بطريقة غير مباشرة المواد العضوية، يقوم ثاني كرومات البوتاسيوم، في الظروف الحامضية، بأكسدة المواد العضوية وتقليل كميتها في هذه العملية، كمية الانخفاض هو تقدير للمواد العضوية.

جدول ٤,٤. قيم الطلب على الأكسجين الحيوي (BOD) المطابقة لنوعيات مختلفة من المياه.

الاحتياج للأكسجين الحيوي (ملجم/لتر)	جودة الماء
١ - ٢	جيدة جداً
٣ - ٥	متوسطة
٦ - ٩	ملوثة إلى حد ما
١٠ +	ملوثة جداً

درجة الحرارة Temperature

يحمل الماء البارد كمية أعلى من الأكسجين المذاب مقارنة بالماء الدافئ؛ لأن جزيئات المياه الباردة أقل نشاطا، مما يقلل من فقد الأكسجين المذاب، نقطة مهمة يجب تذكرها وهي أن درجة حرارة الماء تؤثر تأثيرا قويا على قدرة الماء لمسك الأكسجين، على سبيل المثال، عند الضغط الجوي ١٣٣ باسكال (٧٦٠ ملم زئبق) ودرجة حرارة صفر°م (٣٢°ف) فقد يحتوي الماء على ١٤,٦ ملجم/ لتر من الأكسجين المذاب، وعند درجة حرارة ٣٠ °م (٨٦°ف)، فإن تركيز الأكسجين المذاب ينخفض إلى ٧,٥ ملجم/ لتر، أي ما يقرب النصف، وهذا يعتبر تغييرا جذريا، لاحظ أنه تم أيضا ذكر الغلاف الجوي في المثال أعلاه، عند درجات الحرارة نفسها، ولكن تحت ضغط أعلى من الغلاف الجوي، على سبيل المثال ١٣٩ باسكال (٧٩٥ ملو زئبق). إن تركيز الأكسجين يصل إلى ١٥,٣ و٧,٩ ملجم/ لتر، عند صفر و٣٠°م، على التوالي [١١].

تختلف درجة حرارة الماء بطريقة اختلاف درجة حرارة الغلاف الجوي نفسها؛ ومع ذلك، فالسعة الحرارية الجودة العالية للماء (نوقش سابقاً) توفر طبقة محايدة تمنع التغير السريع في درجة الحرارة، التغيرات في درجة احرارة المياه اليومية وهي الباردة ليلاً والأكثر دفئاً خلال النهار، كما أن هناك تغيرات في درجات الحرارة من

خلال التغيرات الموسمية. كما هو متوقع، فإن معظم الكائنات الحية لديها مدى من درجة الحرارة تعيش فيها. الاختلافات الواسعة يمكن أن تكون ضارة، إن لم تكن قاتلة، بسبب تفاعل درجة الحرارة والأكسجين المذاب.



شكل ٩ ,٤ المياه عالية التركيز من الرواسب في الجزء الأيسر العلوي من الصورة، بينما في الوسط المياه نظيفة.
(Photograph by Dean Pennington)

العكارة Turbidity

العكارة هي مقياس وضوح الماء، يمكن أن تكون الجداول المائية والأنهار عكرة جدا، مثل "نهر المسيسيبي الموحل،" أو واضح جدا مثل التيار المائي بالجبال، يمكن أن يكون سبب تعكر المياه العوالق النباتية أو الرواسب العالقة في الماء، تنتج العوالق النباتية عادة اللون الأخضر في حين تعطي الرواسب ظلالاً من اللون البني. المنطقة الشمالية الغربية من ولاية ميسيسيبي والمنطقة الشرقية من ولاية أركنسو، والمعروفة باسم دلتا، ذات مياه محملة بالرواسب (انظر الشكل ٩ ,٤). يطلق السكان المحليون في بعض الأحيان على هذه المياه "المياه ثقيلة جدا للشرب، ولكن رقيقة جدا للمشي عليها،" ولدى الصينيين قول مأثور. "مياه النهر الأصفر ستكون واضحة عندما يتجمد الجحيم." لعل أهم تأثير بيولوجي للرواسب هو الحد من أشعة الشمس في النظم المائية. النباتات هي جزء مهم جدا من النظام البيئي بالمسطح المائي، وتحتاج إلى ضوء الشمس لعملية التمثيل الضوئي. المياه المحدودية الضوء نادرا ما تحتوي على أعداد من العوالق النباتية النشطة، أو العكارة الناجمة من الرواسب في الوقت نفسه. قد تتغير بدرجة كبيرة بيئة المسطح المائي بسبب الرواسب. بالإضافة إلى الرواسب، قد تساهم مع العوالق النباتية في عكارة المياه. عموما، المياه ذات اللون البني تتميز بارتفاع في الرواسب، في حين أن المياه الخضراء العكرة تحتوي على العوالق النباتية وكائنات أخرى من الحياة المائية.

تدهور جودة المياه Water quality failure

عندما تصبح المياه غير مناسبة لاستخدام المعين، فهناك تدهور في جودة المياه، ويمكن أن يكون التدهور طبيعياً أو اصطناعياً أي (ناجم عن النشاط البشري) وغالبا ما يكون مزيجاً من الاثنين معا. التدهور الثنائي، وهو التلوث الذي منشأه النشاط البشري بحسب التعريف، حيث يقوم البشر بإضافة مواد غير مرغوب فيها في الماء. الحوادث الطبيعية التي تسبب تدهوراً في جودة المياه هي: الانهيارات الأرضية، والفيضانات، وتعرية التربة، والبراكين، ولكن لا تعتبر هذه الحوادث تلوثاً للمياه، فالزئبق، من ناحية أخرى، يناسب التعريفين لتدهور جودة المياه. يدخل الزئبق النظم المائية بشكل طبيعي من الغلاف الجوي، ولكن أيضا من خلال التلوث الصناعي، ولذلك، فالمستويات العالية من الزئبق تسبب تدهوراً لجودة المياه، سواء من خلال العمليات الطبيعية أو الأنشطة البشرية.

يمكن أن يكون التلوث للمياه مباشراً مع عواقب واضحة لذلك فإن رمي النفايات من نافذة السيارة من الأفعال القبيحة، ويمكن أن تلوث تلك النفايات الجداول المائية، وكذلك انبعاث الكيماويات السامة من المصانع يسبب قتل الأسماك. في بعض الأحيان التأثيرات ليست بسبب واضح ومؤثر على العلاقات بين جودة المياه، وعندما تحدث المشاكل بسبب التلوث، تسمى التدهور الناتج من التلوث Pollution-induced failure. على سبيل المثال، انخفاض مستويات DO الناتج من تحلل للنمو المفرط للنباتات (نتيجة لتسرب الأسمدة المستخدمة بالزراعة، أو المسطحات الخضراء أو ملاعب الجولف إلى المسطحات المائية). يحدث التلوث من الزيادة في استخدام الأسمدة، ولكن نتيجة ذلك انخفاض" DO " لا يلاحظ حتى تموت وتتحلل النباتات.

مسارات تدهور جودة المياه، للأسف، كثيرة ومتنوعة، هذل تتذكر مناقشة الدورة المائية؟ دورة الكميات الهائلة من المياه على، الأرض وفيها وفوقها كل هذه الكمية تقوم بنقل جزيئات التربة والمواد الكيميائية. الدورة المائية هي آلية النقل التي لها علاقة بكل بقعة من سطح الأرض تقريبا. تأخذ الوكالات الحكومية في الاعتبار آليات النقل عند تنظيم مصادر التلوث لمنع تدهور جودة المياه.

المصدر المحدد وغير المحدد للتلوث Point source and non-point source pollution

من أين تنشأ الملوثات؟ تقسم الملوثات من حيث المصادر إلى مصادر ثابتة ومحددة وغير محددة، مصادر التلوث المحددة هي مصادر التلوث المعروفة المصدر وعادة ما تكون الأنابيب، أو حادثة إطلاق مواد ضارة، (مثل تسرب نفط ناقلة، أو انقلاب شاحنة كبيرة محملة بالمواد الكيميائية على طول الطرق السريعة).

تنشأ مصادر التلوث غير المحددة من مناطق جغرافية كبيرة، مثل الحقول، والمناطق الحضرية، أو أحواض التجميع. تحمل الأمطار والثلوج الذائبة الملوثات المنتشرة (على نطاق واسع) فوق سطح التربة وداخلها، وإلى المسطحات المائية، ويمكن أيضاً اعتبار الترسب الجوي كمصدر غير محدد للتلوث لأنه من الصعب تحديد نشأة هذا النوع من التلوث في الجو (انظر الشكل ١٠ , ٤).

يتم تحديد مصادر الملوثات المحددة وغير المحددة من قبل الحكومات بحيث يمكن تحديد مصادر التلوث والسيطرة عليها. مواقع مصدر التلوث المحدد، والمسؤولية، هي بسيطة نسبيا في تحديدها، غير أن مصادر التلوث غير المحددة، من ناحية أخرى، هي أكثر صعوبة في نسبتها إلى مصدر واحد. توجد مصادر الملوثات غير المحددة على مساحة واسعة، ويمكن أن تشمل عدة أنواع من الملوثات، وعادة ما تحدث بعد العواصف المطرية، وقد تم تطوير طرق تحديد ومكافحة التلوث لكلا النوعين المحدد، وغير المحدد كمصدر للتلوث.

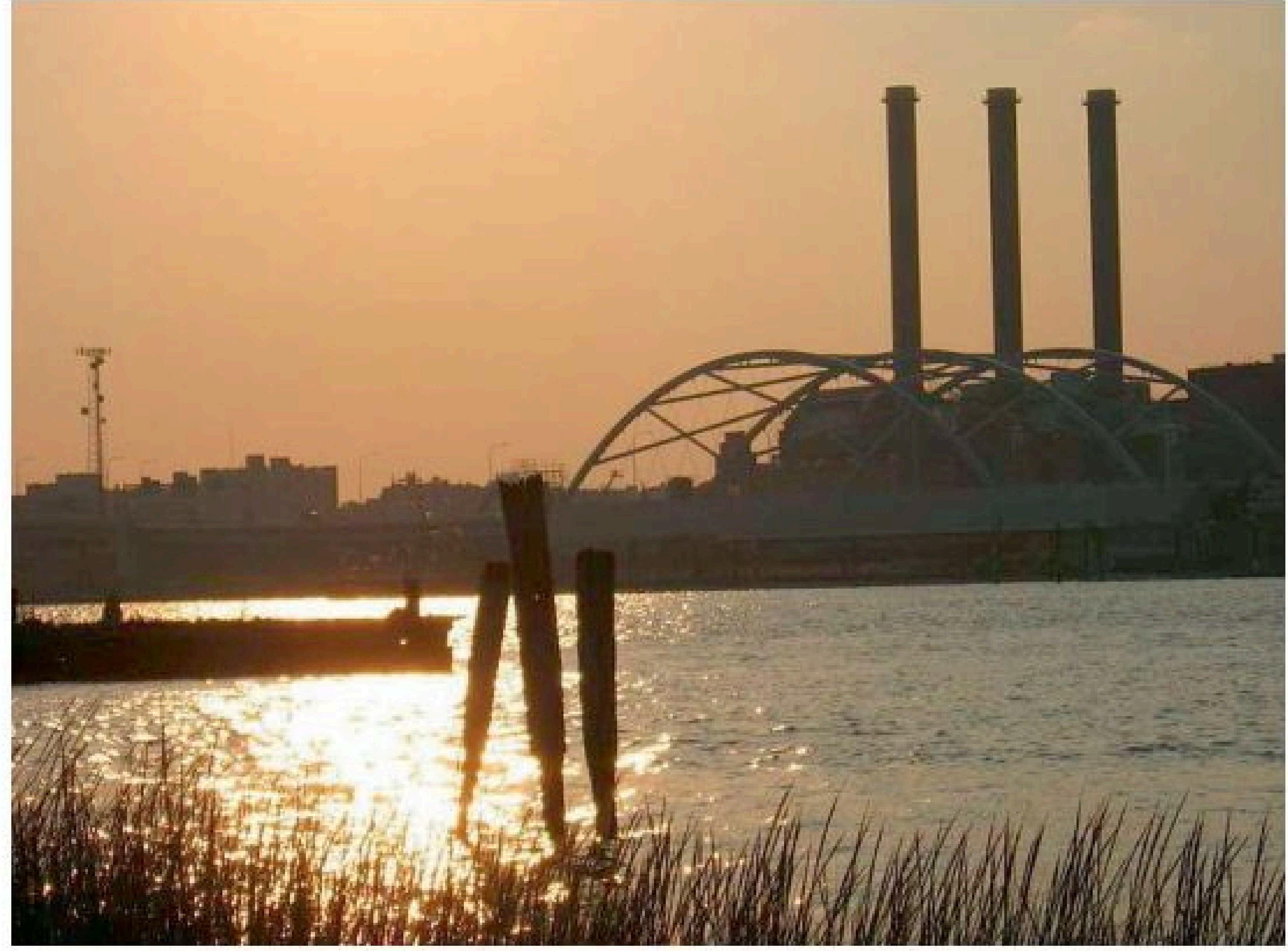
يمكن تحليل عينات المياه من المصدر المحدد، ويمكن أن يعزى تأثيرات الملوثات إلى مصدر معين. أصدرت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة USEPA نظام القضاء على تصريف الملوثات الوطني (NPDES)، وهي تصاريح للأفراد والشركات التي تضيف الملوثات محددة المصدر إلى المياه بالولايات المتحدة. إذ صدر قانون المياه النظيفة لهذه التصاريح في عام ١٩٧٢ للمساعدة في تحسين جودة المياه في البلاد. وكانت التحسينات كبيرة جدا، مع تحسن العديد من الممرات المائية بعد سنوات من الإهمال.



شكل ٤,١٠ كل نقطة سوداء (الحواف الرمادية) تمثل مصدرا محتملا للملوثات الهوائية من وحدة توليد كهرباء، والغاز الطبيعي، والصناعات الكيميائية، وإنتاج النفط والغاز، ومصافي النفط، والاسمنت، أو صناعات اللب والورق. أنتجت جوجل ووكالة حماية البيئة الأمريكية هذه البيانات بالنسبة للولايات المتحدة.
(Photograph courtesy of Google Earth)

على سبيل المثال، في صيف عام ٢٠٠٣ برزت مشكلة في خليج ناراجانسيت في رود ايلاند [١٢] حيث نفقت الملايين من الأسماك والمحار بسبب النيتروجين الزائد، من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وتسبب في ازدهار العوالق النباتية التي إستنفذت الأكسجين المذاب في الخليج نتيجة تحللها. خذ مثالاً العوالق النباتية الناتجة من التلوث. النمو الزائد في خليج ناراجانسيت ناتج من التأثير المباشر لزيادة النيتروجين. انخفضت مستويات الأكسجين المذاب كتأثير غير مباشر لتحلل بقايا النباتات التي تسببها الكائنات الحية الدقيقة. أسهمت الرياح في المشكلة عن طريق خلط المياه ذات المستويات المنخفضة من الأكسجين مع المياه السطحية الواردة. مما سبب محاصرة الأسماك وزيادة مجموع ما نفق منها بفعل عاملين: الرياح ومصادر التلوث المحددة.

نشاط المواطنين والتشريعات التي اتخذت خفضت ملوثات محطات مياه الصرف الصحي المعالجة (محددة المصدر) التي تصب في الخليج. أصدر المشرعون في رود آيلاند قانوناً يدعو إلى خفض ٥٠ ٪ من مدخلات النيتروجين، من مرافق معالجة مياه الصرف الصحي. بحلول ديسمبر كانون الأول ٢٠٠٨. وافق المواطنون من ولاية رود آيلاند على مبلغ ٥ , ١٠ مليون دولار أمريكي لقانون المياه النظيفة وكذلك السندات المفتوحة للمساعدة في تحسين كفاءة مرافق معالجة مياه الصرف الصحي ليتوافق مع القانون الجديد (انظر الشكل ١١ , ٤).



شكل ٤,١١ مقاطعة رود ايلاند، بالولايات المتحدة، حيث يدخل نهر المقاطعة خليج ناراجنسست **Narragansett**

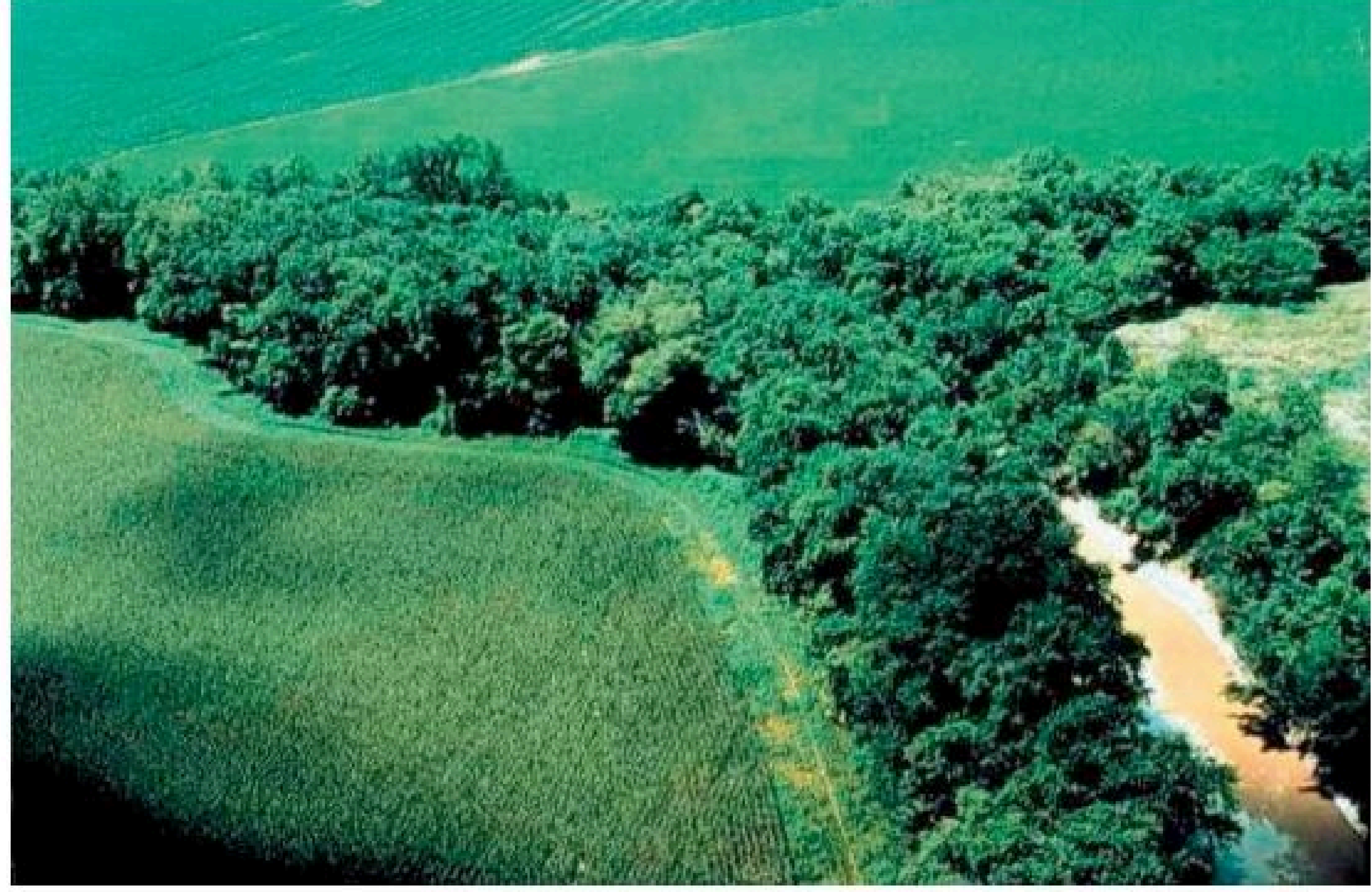
لاحظ أنه اتخذ إجراءين كبيرين لحل هذه المشكلة. صدر قانون وتمت الموافقة على التمويل لتحقيق هدف القانون. وهذا العمل مهم جدا. لا تكفي الأقوال في الحد من التلوث لأنه ممارسة خاطئة وغير قانونية، ولكن يجب أن يقرن ذلك بالأفعال كوسيلة لتحقيق الهدف. وضع أهالي ولاية رود آيلاند كلاً من التشريعات والمال إلى العمل من أجل حل مشكلة جودة المياه الرئيسية في ولايتهم.

لقد ناقشنا في هذا الفصل كيف يمكن وضع حلول واضحة للتلوث، ولكن لا تزال هناك مشاكل عديدة. لا يزال الناس يخرقون القانون ورمي النفايات في البحيرات والأنهار. تصدر الغرامات عند تحديد الجناة، ولكن هذه العملية ليست دائما رادعة وفعالة. الأسوأ من ذلك، أن المال لا يمكن أن يصلح ما تضرر. قد تساعد القوانين القوية والعقوبات الكبيرة، ولكن دون قوة تنفيذ فقد تكون عديمة الجدوى.

أفضل الممارسات الإدارية Best Management Practices

يوفر القسم ٣١٩ من قانون المياه النظيفة الآليات الأساسية والتمويل الابتدائي للتعامل مع التلوث غير المحدد المصدر في الولايات المتحدة. توفر هذه التشريعات الاتحادية المال لممارسات الإدارة التي تعالج مشكلة التلوث الغير محدد المصدر. وتسمى هذه الممارسة "أفضل الممارسات الإدارية" (BMPs). وقد تم تطوير أفضل الممارسات الإدارية لجميع أنواع الصناعات التي تنتج الملوثات غير المحددة المصدر مثل الغابات، والزراعة، والتنمية الحضرية، والتعدين، وبناء الطرق. هذه الصناعات عادة ما تخل بالأرض، وإزالة النباتات المحلية، وتغيير مجرى الجداول المائية. قد تؤدي العواصف المطرية إلى الإسراع في تعرية التربة وحركة المواد في هذه المواقع، وغالبا ما تتم المعالجة باستخدام ما يطلق عليه "٣١٩دولاراً" لتمويل أفضل الممارسات الإدارية. يجب أن نتذكر أن معظم أفضل الممارسات الإدارية غير ممولة بالكامل. حيث تتقاسم التكاليف بين عدة أطراف، وهذا يعني أن ملاك الأراضي المحليين يجب أن يدفعوا بعض التكاليف. وعلى مالك الأرض، الذي يفهم كيف ولماذا الحاجة إلى الممارسة في الحد من التلوث، أن يساهم في التكاليف والتركيب مما يساعد على ضمان المحافظة على أفضل الممارسات الإدارية وفعاليتها على المدى الطويل.

أفضل الممارسات الإدارية الزراعية، وزراعة الغابات (زراعة الأشجار)، والصناعية تشمل إعادة إحياء المنطقة المجاورة (الشاطئية) للمجاري المائية (مثل الأعشاب والشجيرات، والنباتات الأخرى على طول المجاري المائية). وهذا عنصر حاسم لهذه المنطقة العازلة التي تقع بين النهر ومنطقة النشاطات الأخرى حيث وجود النباتات يؤدي إلى إبطاء وصول الرواسب، والمواد العضوية، أو غيرها من الملوثات التي تنتج من هذه النشاطات. الحواجز الشاطئية تسمح أيضا لإعادة تدوير المغذيات، والتخلص من الملوثات، وترسيب الرواسب. غالبا ما تشمل المناطق المتشاطئة الأراضي الرطبة المجاورة فرصة أخرى للتخلص من الملوثات وغيرها (تنظيف) بالجريان السطحي قبل دخولها الأنهار أو الجداول المائية (انظر الشكل ١٢ , ٤).



شكل ٤,١٢ حدود الغابات المتشاطئة توفر الحماية من التلوث من المصدر غير المحدد إلى الجداول المائية في هذه المنطقة الزراعية في مقاطعة بوتنام، أوهايو، الولايات المتحدة.
(Photograph courtesy of USDA NRCS)

المناطق الشاطئية حول البحيرات والبرك هي من أساليب BMP الفعَّالة. برنامج المناطق المجاورة الناتج من مكتب خدمات الزراعة والمصادر الطبيعية الأمريكي (NRCS) ويسمى برنامج " الحس السليم للمحافظة Common Sense Conservation"، لأن تأثير البرنامج فعَّال واضح وفوري. هناك أنواع كثيرة من الأساليب بالمناطق الشاطئية لحالات عديدة ومختلفة. وتشمل هذه ما يلي:

- الحواجز الشاطئية.
- شرائح التصفية (مناطق قريبة من المناطق الزراعية).
- الممرات المائية العشبية.
- مصدات الرياح (مناطق من الأشجار لتوفير الحماية الرياح).
- حواجز الثلوج (الشجيرات وغيرها من النباتات لحجز الثلوج).
- الشرائح الكنتورية من الأعشاب.
- شرائح حجز الرياح.
- مناطق المياه الضحلة للحياة البرية.
- حدود الحقل.
- زراعة الممرات (زراعة المحاصيل بين صفوف من الأشجار و/ أو الشجيرات).
- حواجز الرياح العشبية (النباتات التي تموت في فصل الشتاء).
- الحواجز النباتية.

هذه الأساليب لها استخدامات عديدة بالإضافة إلى حماية جودة المياه. بعضها توفر الغذاء والمأوى للطيور المائية، والسمان والأرانب والطيور والحيوانات الأخرى. بعض الأساليب المتبعة هي حواجز مادية ضد التعرية وما تسببه الرياح. وبعضها يمنع تكدس الثلوج على الطرقات. وعادة ما تستخدم المناطق المحاذية للمجاري المائية جنبا إلى جنب مع أفضل الممارسات الإدارية الأخرى مثل إدارة المغذيات، وحواجز الرواسب، والمصاطب، والحراثة الكنتورية. مما يساعد في تعظيم فعالية أفضل الممارسات الإدارية المستخدمة. بدلا من التنافس المدمر، ونحن نرى الآن باستخدام جميع وسائل المحافظة التنافس البناء. إعادة تهيئة المناطق المحاذية هي الحلول البديهية، لأنها تفعل الكثير من العمل الجيد باستثمارات صغيرة نسبيا من الأرض والمال [١٣].

هناك أنواع عديدة من أفضل الممارسات الإدارية للأراضي الرطبة، والأنهار، والزراعة، والصناعة، وإدارة الغابات وقطع الأخشاب، والتخطيط الحضري، والبناء بجميع الأنواع. في الواقع، إذا كان هناك شيء يجب أن يعمل به للتأثير على الأراضي، والمياه، والهواء، فقد طور شخص ما وسيلة لتقليل الأضرار البيئية باستخدام أفضل الممارسات الإدارية. يبدو من المنطقي تشريع استخدام أفضل الممارسات الإدارية، إلا أن سياسة اختيار الأشخاص في كثير من الأحيان تبتعد عن المنطق السليم.

التلوث والبيئة Pollution and the environment

عادة ما تصنف الملوثات وفقا لنوعها: المغذيات، والرواسب، والمواد الكيماوية السامة، ومسببات الأمراض الميكروبية، والمواد العضوية المستهلكة للأكسجين، والحرارة. كيف يمكننا التعرف على هذه الملوثات، في سياق واسع كاهتمامات بيئية؟

الماء ضروري لأية حضارة، نسبة المياه في الكائنات الحية بين ٦٠ -٧٠٪. كان هناك فقرة من المسلسل التلفزيوني Star Trek: حلقات الجيل القادم حيث المخلوق البلوري الجميل يصف البشر بأنهم " أكياس قبيحة من الماء في الغالب". الأرض ليست مجرد كوكب للماء، بل يحتوي على المليارات من البشر الذين يعتمدون على الماء، يمكن أن يعيشوا أسابيع دون طعام، ولكن لأيام معدودة بدون ماء. عندما كان البشر يقومون بالصيد في المرحلة البدائية (التي نوقشت في الفصل الثاني)، كان تأثيرهم ضئيل على البيئة؛ لأن أعدادهم كانت منخفضة، وينتشرون على مساحة كبيرة من الأراضي، كما أنهم يفتقرون إلى الأدوات أو المعرفة لتغير الطبيعة. بدأ تأثير البشر على بيئتهم عندما بدأوا يتجمعون في بقعة واحدة، ويزرعون المحاصيل، وعندما زادت الكثافة السكانية، وتطورت أنظمة نقل المياه، وطُوِّرت الأدوات اللازمة لإعالة أنفسهم.

أصبحت جودة المياه قضية مهمة مع النمو السكاني. نشأت مع الثورة الصناعية في القرن الثامن الأمراض الوبائية المتصلة بالمياه. كما نشأت من النفايات البشرية والحيوانية، والتلوث الصناعي بيئة حضرية قبيحة، وأحيانا وجود رائحة كريهة بالمياه. افترض الناس أن البحيرات والأنهار، والجداول المائية ذاتية التنظيف (على افتراض أن قضية التلوث تؤخذ بالاعتبار). إن وضع أكوام من النفايات في مكان بعيدا عن الأنظار يؤدي إلى تحللها، أو غسلها عبر مصب الأنهار إلى البحر.

استشرت الأمراض المتعلقة بالمياه، وأصبحت المراكز الحضرية متدهورة بيئيا. لحسن الحظ، تحسنت الظروف في بعض المواقع في القرن العشرين حيث تم نقل المياه الملوثة بعيدا عن مصادر المياه الصالحة للشرب من خلال تحسين أساليب معالجة مياه الصرف الصحي. وكان هذا إنجازا هائلا بالنسبة للدول الصناعية. أدت الحرب العالمية الثانية إلى انتشار الصناعة الكيميائية. فتطورت المواد الكيميائية السامة لصنع المتفجرات، أو الغازات القاتلة وغيرها من أسلحة الحرب، مما أدى إلى تطور الصناعة لما بعد الحرب في خمسينات وستينات القرن الماضي في مجالات الأسمدة والمبيدات والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات. وبالإضافة إلى ذلك، فالصناعة الكيميائية أنتجت المضادات الحيوية واللقاحات وطارد الحشرات ومستحضرات التجميل والعطور. أدت الصناعة الكمیائية إلى صناعة مجموعة من الخلطات الكيميائية التي تنوعت ما بين القاتلة، والمفيدة، والمنقذة للحياة، وربما البسيطة. الكيماويات الزراعية أدت إلى تحسن حياة ملايين من البشر من خلال توفر الإمدادات الغذائية. وقد ساعدت المواد الكيميائية على علاج الأمراض المرتبطة بالحشرات وبالمياه أو القضاء عليها، مما أدى إلى المحافظة على حياة الملايين من البشر. الإنتاج الوفير من المضادات الحيوية واللقاحات قضى على العديد من أمراض الأطفال في المناطق المستخدمة بها.

لقد قمنا بسن القوامين على المستوى الفيدرالي والولاية والمقاطعة والمحلي. وشارك المواطنين المهتمين بإنشاء منظمات أصدقاء الأنهار، والجماعات البيئية، وغيرها من الموارد لتحسين نوعية المياه. ومع ذلك، لا تزال هناك بعض الجهال التي تتجاهل القوانين، وتقوم بعمل ما له مردود مالي فقط أي كانت تبعات ذلك البيئية والانسانية. هناك اختلافات واسعة النطاق في الرأي حول أفضل الاستخدامات لموارد المياه، أو أفضل السبل لحماية مصدر المياه من التلوث. تعريف بلد ماعلى النحو المتقدم، والمتحضر، أو الصناعي، للأسف، لا يعني أنه في مأمن من مشاكل نوعية المياه. بل على العكس تماما في كثير من الأحيان.

لقد دفعت البيئة تكلفة عالية وخاصة لجودة المياه بعد استخدام الكيماويات ذات المردود الجيد على حياة البشر. المياه الصالحة للشرب الآمنة في متناول معظم الناس في دول العالم الصناعية. فيمكن للأفراد السباحة،

وصيد الأسماك، واللعب في العديد من الأنهار والجداول المائية. عملت الدول الصناعية الشيء الكثير نحو تحسين جودة المياه. والجزء الأكبر في ذلك هو حماية المياه من التلوث المحدد وغير محدد المصدر.

المغذيات Nutrients

المغذيات هي واحدة من ستة أنواع من الملوثات المذكورة أعلاه. المغذي هو إما أن يكون عنصراً أو مركباً (أي مزيج من عنصرين اثنين أو أكثر من العناصر) التي يتم استهلاكها من قبل كائن حي لينمو، وللتقويم، وتوليد الطاقة. يستهلك البشر المغذيات في المقام الأول من الكربون، والهيدروجين، والنيتروجين، والأكسجين، والفوسفور، والكبريت. عنصرا النيتروجين والفوسفور من العناصر الغذائية الأساسية للنباتات، على الرغم من أن تلك النباتات تتطلب ١٦ عنصرا أساسيا. الزيادة في النيتروجين والفوسفور، مع ذلك، تسبب التشبع الغذائي المتسارع من خلال تحفيز نمو النبات ودورة الموت. تنص مواد قانون ليبج للحد الادنى (التي تمت مناقشته في الفصل الأول) على أنه لا يقتصر النمو للكائن الحي على مجموع الموارد المتاحة، ولكن على الموارد النادرة. وقد أظهرت الأبحاث أن الفوسفور عادة ما يكون من مغذيات الحد الأدنى في النظم المائية بالمياه العذبة، في حين النيتروجين من مغذيات الحد الأدنى في مصبات الأنهار والمحيطات.

الفوسفور من العناصر الغذائية النباتية الرئيسية الموجودة بالتربة، وخاصة من خلال ارتباطه مع العناصر من نوع المغنيسيوم والكالسيوم والحديد والألومنيوم. الفوسفور متاح لجميع النباتات في الصورة الذائبة، ويزيد من نمو النباتات المائية. هكذا يكون نمو النباتات المائية شيء جيد حتى يصبح النمو مفرطاً. وتبدأ الدورة الكاملة للنمو المفرط (تحلل الغطاء النباتي، وانخفاض الأكسجين المذاب، والكائنات المائية الميتة). تماما كما في البشر فإن الزيادة في الطعام تسبب مشاكل كبيرة للإنسان، مع البدانة وسوء الحالة الصحية المصاحبة لها، الكثير من الأغذية النباتية أيضا مشكلة كبيرة.

في العمق In Depth

تحويل الفوسفور من الصور العضوية إلى غير العضوية. أهم صورة للفوسفور هي الصورة الثلاثية (PO_4^{-3})، وهي الصورة الميسرة والمستخدمة من قبل النباتات والكائنات الحية الدقيقة. البكتيريا هي في المقام الأول المسؤولة عن التحولات بين الصور العضوية وغير العضوية.

الزيادة في النيتروجين (N) يمكن أن تسبب مشكلة بالنسبة لجودة المياه، وعادة ما يرتبط النتروجين بالجزيئات العضوية في الماء، بدلا من رواسب التربة. يمكن أن تسبب المستويات العالية من النيتروجين مشاكل في جودة المياه؛ لأن النيتروجين يعزز نمو النباتات والطحالب. يتطلب نمو النباتات وتحللها الأكسجين المذاب، مما يقلل من كمية DO المتبقية للنباتات والأسماك. كما تقوم الطحالب بمنع الضوء من الوصول إلى قيعان الجداول المائية، وتمنع التمثيل الضوئي في النباتات المائية المفيدة. تشكل الأمونيا (NH_3) تهديدا خطيرا لجودة المياه لأنها تستهلك الأكسجين المذاب في الماء، مما تسبب نفوق الأسماك. الأمونيا هي الأكثر انتشاراً في المياه المنخفضة أصلا في مستويات الأكسجين المذاب لأن الاكسجين ضروري للتحويل الطبيعي للأمونيا إلى النترات، أو النتريت.

عند إضافة العناصر الغذائية إلى النظام المائي المتوازن، فقد يؤدي ذلك إلى ازدهار ونمو الطحالب. وقد انخفضت مستويات الفوسفور في مياه الصرف الصحي بسبب انخفاض الفوسفات في المنظفات. الملوثات المحددة المصدر مثل محطات معالجة مياه الصرف الصحي هي المساهمة الكبرى للمغذيات لمجاري المياه في المناطق المكتظة بالسكان. لحسن الحظ، لقد ساعد التقدم في معالجة المياه من التخفيف المشاكل المتعلقة بزيادة المواد الغذائية إلى حد ما. سوف تناقش هذه المسألة في الفصل الحادي عشر. ومع ذلك، فالتلوث من مصادر غير محددة من الزراعة، والمسطحات الخضراء، وملاعب الغولف تسهم أيضا في زيادة المواد المغذية بالنظم المائية.

الرواسب Sediments

يمكن أن تكون الرواسب سببا طبيعيا في تدهور جودة المياه. ومع ذلك، فإن هذه الرواسب تقوم بمسك المواد الكيميائية التي تذوب في الماء، وتصبح من الملوثات التي يتسبب فيها الإنسان. أهمية التلوث من الرواسب (سواء كانت طبيعية أو من صنع البشر) لا يمكن المبالغة فيها. وتعتبر الرواسب من الملوثات الفيزيائية لأنها يمكن أن تمنع "ماديا" من تغلغل الضوء في المياه، وتحد من نمو العوالق النباتية والنباتات المغمورة بالماء. وحيث إن الرواسب تحد من الضوء، فإنها تقلل من كمية الأكسجين المذاب الذي تنتجه العوالق النباتية والنباتات المغمورة، كما أنها تقلل من كمية المواد الغذائية التي عادة ما يتم استخدامها من قبل هذه الكائنات. إذا كانت مستويات الرواسب عالية، فرؤية الأسماك المفترسة صعبة. قد تؤثر الرواسب على بيض الأسماك، وبالتالي الحد من عدد الأسماك الجديدة.

المواد الكيميائية السامة Chemical toxic substances

معظم الناس على دراية بمصطلح "المبيدات"، وهو نوع من المبيدات الحيوية. عرفت وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA المبيدات بأنها "أي مادة، أو خليط من المواد المخصصة لمنع، وتدمير، وطرد، أو التقليل من ضرر أي من الآفات". المبيد الحيوي له معنى حرفي ب "قاتل الحياة." هناك العديد من "المبيدات" المتاحة للحديقة المحلية أو المخازن المنزلية لقتل الآفات المختلفة. وهناك مبيدات الفطريات (للفطريات) ومبيدات الأعشاب (لقتل الأعشاب الضارة) ومبيدات الحشرات (للحشرات)، ومبيدات الطحالب (للطحالب). بل هناك مواد قاتلة دون تميز، وتسمى هذه المواد ب "المبخرات" أو "المعقمات" التي يمكن أن تقتل، وأيضا دون تمييز.

خاض العديد منا (وكذلك من والدينا) معركة مع النمل في المطبخ، والأعشاب في الحديقة، أو العفن على الورود، باستخدام المبيدات الحيوية. لسوء الحظ، المبيدات المستخدمة في المزارع والمسطحات الخضراء بالضواحي تتسرب إلى الجداول المائية كمصدر غير محدد التلوث. سكان المدن يكونون عدوانيين ضد الحشرات غير المرغوب فيها، وأحيانا كثيرة يستخدم السكان المبيدات بشكل مفرط. في كثير من الأحيان، يعتقد كثيرون بأن القليل الجيد، الكثير منه لا يضر. ومع ذلك، عندما يتعلق الأمر بالأسمدة والمبيدات الحيوية، فإن الكثير منها يمكن أن يضر بيئتنا بشكل كبير. يمكن الحصول على عشب أخضر جميل، وأكثر اخضرارا ويخلو من الأعشاب الضارة والآفات، ولكن على حساب تلوث الجداول المائية القريبة.

لم يأخذ الكيميائيون الأوائل حماية البيئة في الاعتبار عندما بدأوا في وضع تراكيب للمبيدات. ثبات المبيدات (المدة التي تبقى نشطة في البيئة) أو قدرتها على الحركة (سهولة الحركة) لم تكن المهمة الأساسية لهؤلاء العلماء. ومع ذلك، قادت زيادة الاهتمامات البيئية إلى تطوير المبيدات الأقل ثباتا والأقل حركة في المياه. أحدث المنتجات هذه ساعدت في حماية الممرات المائية، ولكن ليست هي الحل الكلي. إضافة المبيدات، وبأي جرعة، يحدث فرقا كبيرا فيما إذا كان يتم معالجة المسطحات الخضراء، والمحاصيل، وملعب الجولف أو الإفراط في المعالجة.

المؤلفات العلمية عن المبيدات الحيوية واسعة وهائلة لأن الموضوع يغطي أنواعاً عديدة من المواد. حيث تشمل ما سبق ذكره عن "المبيدات" بالإضافة إلى غيرها من المواد التي تؤثر على البيئة التي تشمل صناعة البترول ومصادر التخزين. هذه المواد التي تعتمد على النفط "الهيدروكربونات" هي سلاسل طويلة من الكربون والهيدروجين مع مستويات مختلفة من السمية على الحياة.

تنتج الهيدروكربونات في المياه منظراً زيتياً لزجاً. وفي حالة وجوده بكميات كبيرة، مثل حوادث تسرب النفط، تصبح الهيدروكربونات ضارة جدا لأي نوع من الحياة البرية. هذه المواد ليست سامة، أي لا تقتل كما يقتل السم، ولكن يمكن أن تخلق مشاكل حادة كغطاء زيتي على الريش والجلد. الآثار التراكمية الطويلة الأجل ليست معروفة.

المادة الكيماوية السامة الأخرى، وهي شديدة السمية تسمى "الديوكسين dioxin" التي تعرف بأنها "الفينول" مع مجموعات كلوريد. وهي منتج ثانوي للاحتراق، وعمليات التصنيع لمواد الكلورفيل الكيميائية، والورق وعجينة الورق التي تستخدم الكلور كمطهر. نطاق السمية، وصحة الإنسان والآثار البيئية الأخرى، هي أيضا واسعة جدا. قد يكون الديوكسين قاتلا كالسم ويعتمد ذلك على التركيز.

قد يعطي التركيز الكيميائي مخاوف لصحة الإنسان من الحذر إلى الخوف. وينسب القانون الأساسي للسموم إلى الصيدلي السويسري في القرن السادس عشر يدعى باراسيلسوس Paracelsus. وكثيراً ما يستشهد ببساطة بقوله: "إن جرعة تعطي السم". وكان بيانه يكون أكثر اكتمالا بقوله "جميع المواد سامة، ولا توجد مادة غير سامة. الجرعة المناسبة تميز بين السم والعلاج [١٤]." هذا البيان هو الأكثر تثقيفا. قتل العديد من الرياضيين من الجرعة الزائدة من المياه، وهي مشكلة تسمى نقص صوديوم الدم hyponatremia، والناجمة عن انخفاض مستويات الصوديوم بشكل غير طبيعي في الدم. ومات العديد من الأطفال من كثرة الأسبرين [١٥]. كل البنود المياه والأسبرين جيدة بالكميات المناسبة، وشائعة لدرجة أن من الصعب علينا أن نفكر بها كسموم. ومع ذلك، فالجرعة جعلت من هذه المواد سماً في هذه الحالات.

وبالعكس، عندما يدعي شخص بأن هناك مادة كيميائية من الفوسفات العضوي في مياه الشرب لدينا، فإننا نصاب بالذعر. حتى لو كانت تركيزات المادة منخفضة بحيث إن جهاز القياس بالكاد يمكن الكشف عنها، وقد يصبح الناس خائفين. ولعل أكبر اختلاف لردود الفعل على المواد الكيميائية هو التعامل معها، تليها معرفة ما هي المستويات الضارة أو الآمنة للأكل أو الشرب. وكلما تعلمنا أكثر، أصبحنا قادرين على اتخاذ قرارات مطلعة بشأن مخاطر المواد الكمپائية.

فكر في الآتي Think about it

الآثار التراكمية على المدى الطويل للمواد الكيميائية السامة قد تكون أو لا تكون متعاقبة. كيف ينبغي أن تكون اهتمامات الناس عن هذه الآثار؟ ما هي الخطوات التي تأخذها الحكومات في تنظيم هذه الآثار؟ كيف يمكن رصدها وتنظيمها؟

هناك نوعان من خصائص المبيدات الحيوية المحتملة، نوقشت سابقا، التي لها ردود أفعال على البيئة من الثبات والحركة. يتم تحديد الخطر المحتمل من المبيد الحيوي من مدى سرعة تحلله في التربة أو الماء. من المهم أن نتذكر أن نواتج التفاعل الكيميائي قد تكون سامة، وبالتالي فإن عملية التحلل للمواد الكيميائية هي أيضا مهمة جدا.

بعض المواد الكيميائية السامة تثبت بسرعة على حبيبات التربة، والطين، والمواد العضوية، وتصبح غير قابلة للاذابة بسهولة في الماء. المواد السامة الاخرى غير ممسوكة على حبيبات التربة، والطين، والمواد العضوية، وتتحرك بسهولة مع الماء خلال التربة إلى المياه الجوفية. كيمياء الحركة الكيميائية معقدة جدا، وغالباً ما تتدرس في تخصص علوم الأعشاب وعلوم أحواض تجميع المياه، ودروس الكيمياء التقليدية. لمزيد من المعلومات عن الحركة الكيميائية، راجع نهاية هذا الفصل.

المعادن الثقيلة والعناصر والنادرة Heavy metals and trace elements

تشير المعادن الثقيلة إلى أي مادة كيميائية معدنية لديها كثافة عالية نسبيا، وسامة عند تركيزات منخفضة. أمثلة من العناصر الثقيلة تشمل الزئبق (Hg)، الكادميوم (Cd)، الزرنيخ (As) والكروم (Cr)، الثاليوم (TL)، والرصاص (Pb). وبطبيعة الحال توجد هذه العناصر في القشرة الأرضية، ولا يمكن أن يحدث لها تحلل، أو تدهور. الجرعات العالية في جسم الإنسان قد تحدث من استنشاق الهواء بالقرب من مصادر الانبعاثات، ومن مياه الشرب (أنابيب الرصاص مثلا)، وتناوله مع السلسلة الغذائية. العناصر الثقيلة خطيرة لأنها تميل إلى التراكم الأحيائي (بناء) في الكائنات الحية مع مرور الوقت.

العناصر النادرة والمواد الكيميائية توجد بشكل طبيعي وتحتاجها الكائنات الحية بكميات صغيرة، لتحقيق النمو السليم والصحة. ومع ذلك، فالتركيزات العالية من العناصر النادرة يمكن أن تكون ضارة للغاية، ويمكن أن تستمد من الطلاء، والمبيدات الحشرية، وأنابيب النحاس، والمركبات والآلات الصناعية، وتلوث الهواء، والجريان السطحي للمياه. يتم أخذ قراءات العناصر النادرة من كل من الماء وعينات الرواسب. لأنها تميل إلى أن تكون ممسوكة بحبيبات التربة في الرواسب. معايير جودة المياه للعناصر النادرة في الماء، عادة ما يشار إليها بمدى سميتها على الأسماك، إما ذات تأثير حاد (سريع، أو مزمن يستغرق وقتاً).

على سبيل المثال، الزرنيخ هو سم بتركيزات معينة، وأن الرصاص يؤثر على نمو الدماغ البشري. يؤثر الرصاص أيضا على الجهاز العصبي للأسماك والطيور المائية، وتجعلها أكثر عرضة للمشاكل الأخرى. ونحن نعرف أيضا أن مادة الزئبق تؤثر على الجهاز العصبي (مادة سامة تعمل على وجه التحديد على الخلايا العصبية). النحاس هو عنصر أساسي للحياة، ولكن الزيادة قد تكون قاتلة. حيث يؤثر على الكلى والكبد، والجهاز العصبي في كل من الأسماك والبشر. الزنك له قيمة كبيرة كعنصر أساسي، وسام فقط عندما يزيد التركيز.

جميع هذه العناصر لها مخاطر نسبية على الصحة أُخذت جرعات عالية منها. في العصر الفيكتوري تأخذ السيدات قليلا من الزرنيخ للحفاظ على بشرتهن بيضاء. وبالتأكيد تعرض بعضهن إلى بعض الآثار الجانبية والانخفاض في أعمارهن، ولكن سيادة الجهل والغرور أجبرتهن على أخذ الزرنيخ.

تلخيص: المواد الكيميائية ضرورية للحياة، ولكن عندما تستخدم على النحو المناسب وبطريقة يمكن التحكم بها. إن الاستخدام المفرط لأي شيء تقريبا فيه ضرر على صحة الإنسان وقد يؤدي إلى الموت.

الميكروبات المسببة للأمراض Microbiological pathogens

مسببات الأمراض هي الميكروبات القادرة على التسبب في المرض. يمكن أن تكون هذه الممرضات بروتوزوا، والفيروسات، أو البكتيريا. في المياه العذبة، أكثر مصادر مسببات الأمراض الميكروبية شيوعا هي الناتجة من البراز، نتيجة عدم المعالجة الكاملة أو المناسبة لمياه الصرف الصحي، وحظائر الحيوانات، والحياة البرية، والثروة الحيوانية، والتسرب من مياه البيارات. الكائنات الحية المسببة للأمراض المنقولة عن طريق المياه وذات الأهمية الخاصة للإنسان تشمل الفيروسات (مثل التهاب الكبد أ، التهاب النخاع)؛ البكتيريا (مثل الكوليرا والتيفوئيد والكائنات القولونية)؛ البروتوزوا (على سبيل المثال الكريبتوسبوريديوم، الأميبا، الجيارديا)، والديدان (مثل البلهارسيا، الدودة الغينية). عادة يتم إدخال مسببات الأمراض في البيئة من براز الحيوانات والبشر الملوث. وهذا يجعل الحاجة إلى خدمات الصرف الصحي الأساسية أكثر أهمية. في جميع أنحاء العالم، أمراض الإسهال يمكن ان تقتل ١,٨ مليون شخص سنويا.

معظمنا يعيش حياة مريحة نسبيا، وحتى لا يمكن تخيل بعض الأشياء التي تحدث حولنا. على سبيل المثال، خذ في عين الاعتبار المرافق الصحية الأساسية وتصريف المياه فيها. تذكر الآتي: نصف جميع أسرة المستشفيات في البلدان غير المتطورة مستخدمة من قبل المرضى المصابين بالأمراض التي تنقلها المياه. أظهر الدكتور

مايك ماجي المعلومات الآتية من إحصاءات عن الصحة العالمية، فيما يتعلق بقرية إفريقية نموذجية عدد سكانها١٠٠٠ فرد[١٦].

- ستمائة من السكان لا يملكون مرافق صحية، لا حمامات من أي نوع، ولا حتى المراحيض البسيطة.
- في أي يوم من الأيام، سوف يعاني ٢٠ من السكان من الإسهال، و١٥ من هولاء تحت سن الخامسة.
- سوف تقضي عائلة مكونة من ستة أفراد ٣ ساعات في اليوم لنقل المياه من مكان بعيد.
- العديد من الأطفال (البنات عادة) سيكونون مشغولين للغاية لحمل الماء أو رعاية أفراد الأسرة المرضى بدل الذهاب إلى المدرسة.
- الظروف ستكون قذرة، وسوف ينتشر المرض بسرعة.

ليس من الصعب أن نرى أن مسببات الأمراض صعب السيطرة عليها في ظل هذه الظروف.

فكر ي الآتي Think about it

تصور ماذا نفعل في المطبخ يوميا من غسل الأطباق وغسل الملابس. تخيل الآن بحاجتك إلى تحمل كل المياه اللازمة للقيام بهذه الواجبات من غسيل. افترض أن لديك اختياراً بين شرب الماء والتنظيف، نظرا لمحدودية المياه المتاحة. وتصور أن مصدر المياه الخاصة بك ليست من صنبور نظيف، ولكن بدلًا من ذلك فالمصدر جدول مائي، أو البركة، أو الآبار الضحلة، وهي عرضة للتلوث. الاختيار يصبح سهلا بما هو معروض. هل من المعقول لشخص أن يعيش بهذه الطريقة بينما يملك الآخرون الكثير؟ هل هناك حلول لهذه الفوارق؟

البشر ليسوا الضحايا الوحيدين من الأمراض التي تنقلها المياه. الأسماك عرضة لمسببات الأمراض، وخاصة إذا جرحت تصاب بأعداد كبيرة، تماما مثل البشر. مسببات الأمراض البكتيرية تميل إلى أن تغتنم الفرص البحث عن مواقع الإصابة لغزوها. أكثر أمراض الأسماك تنتج الجروح التقرحية، والتي يمكن أن تنتشرت إلى الأسماك الأخرى، مما يؤدي إلى موت تلك الأسماك. أصبحت هذه المشاكل المرضية شيئاً مهماً في صناعة تربية الأحياء المائية، وتجري دراستها من قبل الباحثين لتطوير طرق الوقاية والتحكم. قد تصيب مسببات الأمراض الأحياء المائية الأخرى. المشكلة هي نفسها مع أية مجموعة من الأحياء. يمكن قهر المرض في المجتمع الصحي مع نظافة البيئة المحيطة ، والمغذيات الكافية، وما إلى ذلك. تنخفض قدرة المجتمع غير الصحي على مقاومة المرض.

المواد العضوية المستهلكة للأكسجين Oxygen-depleting organics

المواد العضوية المستهلكة للأكسجين هي مواد عضوية من تحلل الغطاء النباتي الطبيعي، أو من تصريف معالجة محطة مياه الصرف الصحي. غالباً ما يتم أخذ بقايا النباتات مع المياه الجارية إلى المسطحات المائية بعد حصاد المحاصيل. حيث تجرف الأمطار هذه المخلفات النباتية جنبا إلى جنب مع الرواسب إلى البحيرات والجداول، من ناحية أخرى، إذا تركت مخلفات المحاصيل مثل سيقان الذرة، أو قش القمح على الأرض بعد الحصاد (نوع من أفضل الممارسات الإدارية وتدعى إدارة المخلفات)، فإن كميات بقايا النباتات التي سوف تجرف تقل بدرجة كبيرة. تحمي هذه الإستراتيجية المتبعة في إدارة الأراضي التربة من التعرية، عن طريق تقليل تأثير قطرات المطر، وجريان المياه السطحية عن طريق إبطاء حركة المياه.

تستهلك مواد المحاصيل العضوية من قبل الميكروبات في الماء، وتستخدم الميكروبات الأكسجين المذاب لتحليل المواد العضوية إلى مركبات أبسط تستخدم للحصول على الطاقة (الغذاء). يقاس تركيز المواد العضوية القابلة للتحلل في الماء بشكل غير مباشر عن طريق (BOD). وهو كمية الأكسجين المذاب التي تحتاجها الميكروبات الهوائية لتحليل المواد العضوية، مثل مخلفات المحاصيل [١٧].

الحرارة Heat

التلوث الحراري الناتج من توليد الطاقة هو نوع من التلوث المادي. ناقشنا حقيقة أن الماء الساخن لا يحمل كمية كبيرة من الأكسجين كما الماء البارد. انخفاض مستويات الأكسجين المذاب هي من الضغوطات على حياة معظم الأحياء المائية، حيث الحيوانات المائية تتطور في الماء في درجة حرارة مميزة لمواقع الأحياء المائية، تم تطوير نظم الإنزيمات، والهرمونات، وغيرها من النظم على النحو الأمثل للعمل في درجات الحرارة المحيطة.

تنظم درجة حرارة الماء بالسعة الحرارية لها، بحيث لا يتم تغيير درجة الحرارة بسرعة بسبب تغير ظروف الطقس، الصدمة الحرارية هو الاختلاف السريع في درجة الحرارة نتيجة تصريف مخلفات المصانع في كثير من الأحيان، ويمكن أن تكون ضارة جدا للأحياء المائية. يمكن أن يسبب الاختلاف بدرجة واحدة إلى درجتين اثنتين درجة مئوية خلال ٢٤ ساعة مشاكل مع القابلية للإصابة بالأمراض، والتكاثر، وحتى الهجرة. المياه الدافئة على طبقة من المياه الباردة (تذكر الكثافة)، يمكن أن تكون بمثابة حاجز حراري لبعض الحيوانات

المائية، ويمكن للحاجز الحراري وقف الحركة الطبيعية، بالضبط كيف تؤثر درجة الحرارة على الكائن الحي؟ هذا التاثير يعتمد على قابليته، ومدة التعرض، ومعدل حدوث التغير في درجة الحرارة.

المياه النظيفة حق من حقوق الإنسان Clean water as a human right

المياه أمر أساسي لحياة الإنسان الكريمة، وهي متطلب لجميع حقوق الإنسان الأخرى [١٨]. جاء ذلك في تقرير عام ٢٠٠٢ من قبل منظمة الصحة العالمية، اليوم، ما زلنا نرى البلدان ذات النمو السكاني الضخم، ولكن البنية التحتية غير كافية للتخلص من النفايات البشرية ومعالجتها، وعدم كفاية الأدوية لعلاج الأمراض ذات الصلة بالمياه، وعدم توفر المواد الكيميائية لإزالة الميكروبات المضافة للمياه، وعدم وجود آلية رسمية لتنظيم التلوث. من الصعب أن تدرك أنه في عالم اليوم المتحضر، لدينا أكثر من مليار شخص بدون مياه نظيفة، و٤,٢ مليار شخص بدون مرافق الصرف الصحي الملائمة وهما من الأسباب الرئيسية للامراض ذات الصلة بالمياه [١٩]. من الصعب معرفة عدد الأشخاص الذين يعانون من الأمراض ذات الصلة بالمياه في كل عام، وذلك لأن العديد من البلدان تفتقر إلى آليات للإبلاغ عن هذه الحالات وتشخيص الأمراض. قدِّر عدد المصابين سنويا بالأمراض ذات الصلة بالمياه، باستثناء أمراض الإسهال، بـ ٢٥٠ مليون حالة في تسعينات القرن الماضي، وعلى مستوى العالم، وصل عدد الأشخاص المصابين بأمراض الإسهال في عام ٢٠٠٠ إلى ٤,٣٧ بليون حالة [٢٠]. هذه هي أرقام مرعبة جدا، وخاصة مع التقنية الحديثة الموجودة التي يمكن معها الوقاية من هذه الأمراض بكل سهولة.

على سبيل المثال، عمل الرئيس السابق للولايات المتحدة، جيمي كارتر وزوجته، روزالين، في أفريقيا منذ عام ١٩٨٦ لتحسين الصحة العامة [٢١]. وقد ركزت جهودهما على مياه الشرب النظيفة وتحسين خدمات الصرف الصحي لمكافحة مرض الدودة الغينية، من بين أمراض أخرى، هي من أهم القضايا الصحية العامة في أجزاء من أفريقيا.

مرض الدودة الغينية هو مرض طفيلي له دورة حياة معقدة، ومع ذلك، إذا تم إيقاف أي جزء في الدورة، يمكن القضاء على هذا المرض. تبدأ الدورة عند شرب الإنسان للمياه الملوثة، وغالباً ما يحتوي الماء على البراغيث التي تناولت يرقات دودة غينيا، ثم تنمو يرقات دودة غينيا داخل جسم الإنسان، وتصبح دودة، هذه الدودة تكبر في الحجم، وفي الواقع هذه الدودة تتخلل جلد الإنسان المضيف عن طريق إحداث ثقوب تحت الجلد مع مواد حامضية، هذه المواد تحرق وتؤذي الضحية بشكل رهيب. وضع الجزء المصاب في الماء يخفف من الألم،

ولكن يؤدي إلى إخراج الدودة اليرقات في كثير من الأحيان إلى مصدر مياه الشرب بالمجتمع المحلي، هذا هو المكان الذي يبتلع برغوث الماء المجهري اليرقات التي تضاف إلى الماء. يبتلع البشر البراغيث المجهرية وعندما تشرب المياه غير المعالجة، تبدأ الدورة الرهيبة من التلوث من جديد.

يمكن إيقاف انتشار مرض دودة غينيا من خلال تعليم الناس الاستحمام المنتظم، وتصفية المياه من خلال قطعة قماش، وتنظيف الأيدي، وبناء المراحيض، وغسل الأطباق. هناك أيضا كيمياويات تضاف لقتل براغيث المياه المجهرية، أسهمت جهود عائلة كارتر، وكثير ون وأسهم غيرهم، في القضاء على مرض دودة غينيا تقريبا، مثل هذه المشاريع الإنسانية تنطوي على التقنية الأساسية والتعليم، وحفظ وتحسين حياة الكثيرين. موقع مركز كارتر الإلكتروني لديه روابط لقصص رائعة، كما يفسر كيف ولماذا لم تعمل أمور في غاية البساطة نسبيا لإنجازها وأهملت لأكثر من ٢٠ عاما، الجهود الرامية إلى القضاء على مرض دودة غينيا قضت عليها بنسبة ٩٩,٥٪، ولكن الهدف يجب أن يكون ١٠٠ ٪ لمنع حدوث دورات جديدة من التلوث.

مثال مادة DDT The example of DDT

واحدة من أكثر المناقشات الدراماتيكية وبعيدة المدى في مجال العلوم التي أخذت معركة طويلة على المبيد الاصطناعي الأولى الذي يسمى DDT (dichlorodiphenyl-trichloroethane) وهو مركب كلور عضوي (مركب عضوي مع ذرة كلور واحدة على الأقل) استخدم كسم عصبي يقتل الحشرات عند ملامستها المبيد. الآلية الدقيقة لا تزال مجهولة حتى إن مكتشفها بول ميلر، وهو عالم سويسري، اكتشف خصائصه على الحشرات في عام ١٩٤١. DDT هو أيضا يشكل خطراً بيئياً، ويبقى في البيئة لفترة طويلة (أي له استمرارية طويلة) ويتراكم في أجسام الكائنات الحية.

كتاب راشيل كارسون "الربيع الصامت" [٢٢] هو نداء لوقف استخدام المبيد. في كلماتها ضمن الكتاب، "البيع بالجملة، الاستخدام العشوائي للمبيدات وخاصة DDT". كلماتها العميقة هذه هي بداية الحركة البيئية لأنها حددت بوضوح التأثير البشري ومسؤوليته على البيئة، ومع ذلك، فقد فشلت ٤٠ عاما من البحث العلمي والملايين من الدولارات على أعمال أخرى لإثبات أن DDT تسبب في دمار واسع النطاق بالبيئية والبشرية التي وضعتها راشيل في كتابها، النقص في أعداد الطيور التي تضررت نتيجة استخدام DDT على قشر البيض هو الحقيقة الأكيدة، والذي يتزامن مع حظر DDT في الولايات المتحدة ومعظم الدول الصناعية الأخرى، هذا دليل كاف بالنسبة للكثيرين، ومع ذلك، فقد تم السعي إلى فرض حظر عالمي من قبل

البعض، لأنه يعتبر استخدام DDT لعنة لبعض الناس، لماذا، إذن، لم يحصل بول ميلر عام ١٩٤٨ على جائزة نوبل في الطب لعمله مع DDT؟

العمل الذي قام به بول ميلر حفظ آلاف الأرواح خلال أربعينات القرن الماضي، خلال الحرب العالمية الثانية، رش الجنود أنفسهم، وملابسهم، بمسحوق DDT لتجنب التيفوئيد وهو مرض ينقله القمل، كما كان يستخدم لمكافحة البعوض الناقل للملاريا في جنوب المحيط الهادئ، ومرة أخرى في وقت لاحق ضد الآفات الزراعية الرئيسية في الولايات المتحدة، وعمل بشكل جيد أثناء الحرب حتى أن العديد من جزر المحيط الهادئ أصبحت خالية من الملاريا، لنفهم تماما حجم هذا الإنجاز، ونحن بحاجة أن نعرف إلى أن الملاريا تمثل مشكلة في جميع أنحاء العالم قبل استخدام مبيد DDT. مرض الملاريا موجود في الولايات المتحدة وأوروبا شمالا حتى هولندا والهند والبلدان الاستوائية، وكان عدد القتلى السنوي بالملايين، ولكن الآثار المأساوية كانت على قلة إنتاجية العمال، وفقدان الوقت، وصحة النساء الحوامل، والنساء والأطفال الذين يعانون من أمراض أخرى، وبشكل أساسي الصحة العامة والتي كانت مدمرة للاستقرار الوطني والإنتاجية.

اكتشف رونالد روس، وهو طبيب عسكري في الهند، في عام ١٨٩٨ أن البعوض هو الناقل للملاريا [٢٣]. فعين البريطانيون الدكتور روس، وأوكلت إليه مكافحة البعوض في جميع المستعمرات البريطانية، وكانت جهوده في سيراليون في غرب أفريقيا واسعة، لكنه لم يكن لديهم ما يكفي من الأدوات الطبية للقضاء عليها، لم يكن أحد يملك ما يكفي من الأدوات للقضاء على البعوض، حتى عام ١٩٤١ عندما اكتشف بول ميلر خصائص مبيد DDT. منذ ذلك الحين، تم القضاء على الملاريا في الدول الصناعية، ولكن لا تزال تعاني العديد من البلدان الاستوائية من هذا المرض، على الرغم من كون المرض قابل للوقاية منه والشفاء منه، إلا أن الملاريا تقتل حوالي مليون شخص سنويا في حين تصيب ٣٠٠ – ٥٠٠ مليون شخص، ما يقدر بنحو ٣,٢ مليار نسمة يعيشون في مناطق خطر الملاريا في ١٠٧ دولة [٢٤]. للأسف، الموت والمرض الناجم عن الملاريا له آثار مدمرة على الناس في البلدان الفقيرة جدا غير القادرة على مواجهة المرض.

فكر في الآتي **Think about it**

كان DDT ضحية لنجاحه وتدخل الإنسان، حدثت النواحي السلبية لمبيد DDT للإفراط في استخدامه بكميات كبيرة في حالات حيث لم يكن الخيار المناسب للاستخدام، سادت المقولة إنه إذا كان الاستخدام بتركيز قليل جيد، فالكثير يعمل على نحو أفضل، هل يمكن استخدام DDT اليوم لو تم الاستخدام بعناية ويقتصر فقط على أغراض محددة؟

يمكن أن يؤدي الإفراط في استخدام أي من مبيدات الآفات إلى مقاومة الحشرات، (اختبارات حديثة قد أظهرت أن البعوض لا يتأثر باستخدام مبيد DDT. ومع ذلك، فالكثير يوافقون على أنه لا يزال مادة كيميائية فعالة.) الاستخدام الحكيم للـ DDT قد يساهم في مساعدة الملايين من الناس، ولكن استخدامه مرتبط بالسياسة ولا يزال محظوراً في العديد من البلدان، بالروايات المتناقلة. تفيد التقارير أن العلماء الزائرين والهيئات التشريعية، وغيرهم من الضيوف في المناطق التي تعاني من الملاريا، يفضلون الخيم المرشوشة بـ DDT عن الخيم غير المرشوشة [٢٥].

قد تكون المبيدات الحشرية الأخرى فعالة، ولكن هي أكثر تكلفة من DDT. التكاليف، وغيرها من الأسباب، منعت الدول الفقيرة من شراء المبيدات الحشرية لاستخدامها على نطاق واسع، يمكن إبطاء انتشار الملاريا عن طريق القضاء على مأوى البعوض مثل تجفيف المستنقعات، وإزالة الغابات، وتصريف المياه أو صب الزيت على برك في المياه الراكدة. هذه التقنيات هي فعالة إلى حد ما، ولكن لا تخلو من آثارها البيئية الخاصة، الحواجز المادية، مثل الناموسيات على الأسرة، رخيصة بكل المعايير، ولكنها ليست ممكنة لملايين الضحايا المحتملين الذين يعيشون في الفقر.

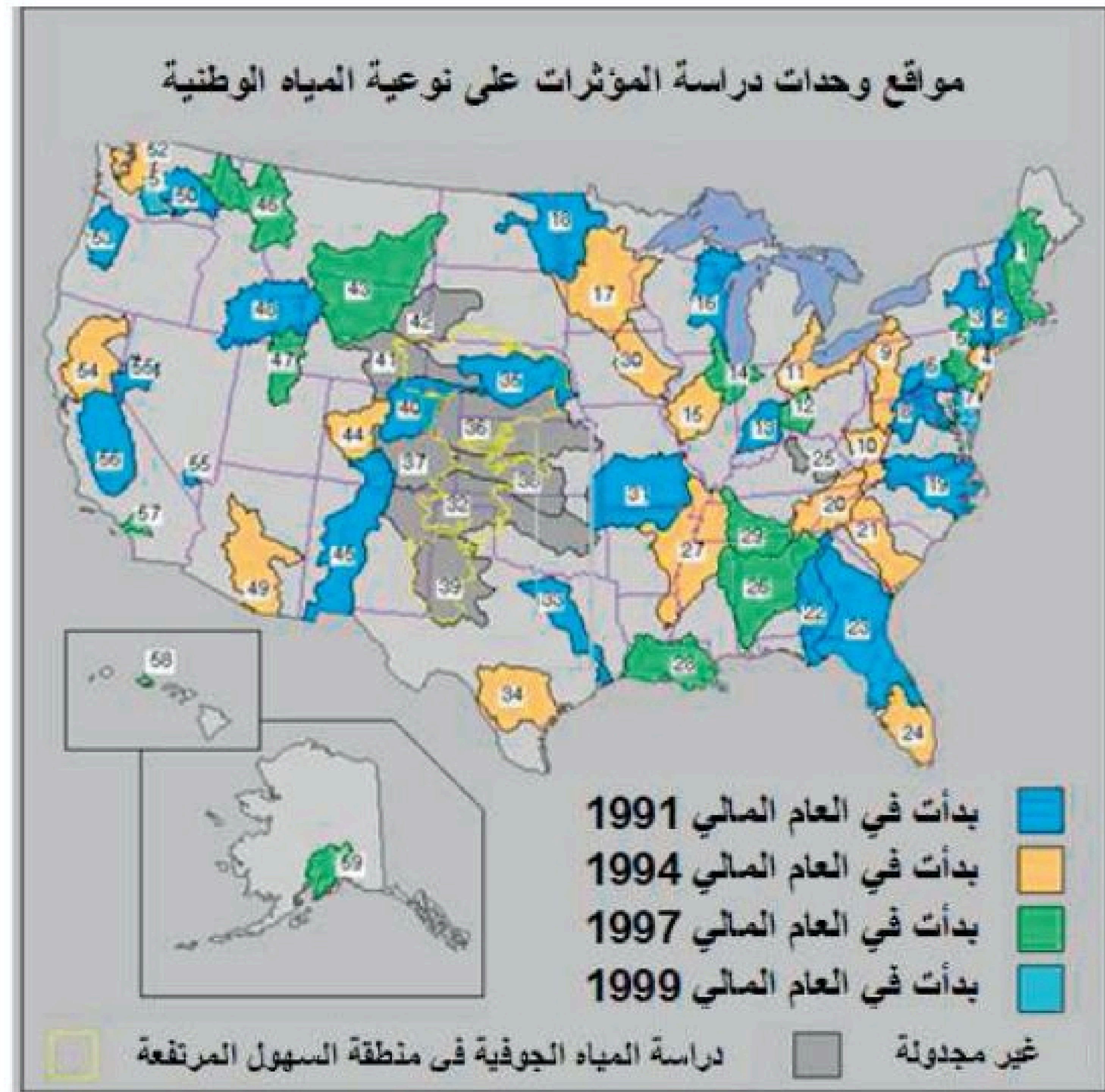
لا يمكن لشخص عاقل أن يحفز بالكامل لهذا النوع من سوء استخدام مبيد DDT الذي أثار هذا النقاش الأصلي، مرة أخرى، ومع ذلك، فإن القدرة على تحسين حياة الإنسان، لوضع حد لقدر كبير من البؤس، وزيادة مستوى المعيشة في الدول الفقيرة يوفر سببا للنقاش، هذه هي قضية اجتماعية وبيئية، هناك مشاكل مثيرة للمناقشة مثل استخدام مادة DDT وهي السبب في احتياج بلد إلى مواطنين متعلمين ومطلعين على فهم القضايا واتخاذ الإجراءات المناسبة والفعَّالة.

ومن المثير للاهتمام، فإن الإشارة المقدمة بشأن رونالد روس (الطبيب العسكري الذي اكتشف سبب الملاريا في الهند) هو نوع من التاريخ للاكتشافات العلمية التي تلهم وتعلم من قبل القصة الجيدة المحكية. اعترض رونالد روس على الصورة التي وضعت له في الكتاب المرجعي (صيادو الميكروب)، الذي نشر في عام ١٩٢٦ وتوقف عن النشر مع دعوى قضائية. ورأى أن المؤلف اتخذ مبدأ الحريات لجعل القصة جيدة، ولكن لم تكن الصورة دقيقة تمثل شخصيته. صحيحة، أو خاطئة، فكتاب "صيادو الميكروب" يروي قصة جيدة من المغامرة، وقصة حقيقية لاكتشاف علمي. وحفزت مثل هذه القصص العديد من الناس للعمل في مجال العلوم.

التقييم الوطني الجيولوجي الأمريكي لبرنامج جودة المياه US Geological Survey National Assessment of Water Quality Program

ربما يكون واحداً من المسوحات البيئية الأكثر شمولاً في الولايات المتحدة للحصول على جودة المياه، بما في ذلك المبيدات، هو وزارة الداخلية الأميركية للمسح الجيولوجي و(USGS) لتقييم البرنامج الوطني لجودة المياه (NAWQA) [26]. ما خزن في هذا البرنامج من المعلومات الهيدرولوجية في مجالات الدراسة تغطي معظم الولايات الـ ٥٠.

بدأ البرنامج في عام ١٩٩١ مع وجود مخزون من المعلومات كقاعدة أساسية لخصائص المياه في ٥١ من أحواض تجميع المياه والمياه الجوفية (انظر الشكل ١٣ , ٤). وقد وفرت منطقة الدراسة معلومات أساسية عن كيمياء المياه السطحية والجوفية، والحياة المائية، ووصف للمأوى بالجداول المائية، واستخدام الأراضي في كثير من الولايات المتحدة. وضعت الدراسات المعلومات المتحصل عليها بحيث يمكن أن ترتبط المعلومات وتفسر عبر حدود الولاية، والحدود الأخرى، وذلك باستخدام تصميم وطني متناسق، عن طريق أخذ العينات، وطرق الاختبار، كل منطقة من الدراسة تنقح دوريا كل خمس سنوات لرصد التغيرات.



شكل ٤,١٣. برنامج التقييم الوطني لجودة المياه (NAQWA) بأحواض التجميع من قبل وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية.

وحدات الدراسة لبرنامج التقيم الوطني لجودة المياه NAWQA

موقع دراسة المياه الجوفية في السهول المرتفعة الإقليمية

١ أحواض نيو إنغلاند الساحلية	٢١ حوض سانتي **والتصريفات** الساحلية	٤١ نورث بلات حوض نهر
٢ أحواض كونيتيكت، هوستانك، وأحواض نهر التايمز	٢٢ حوض نهر **أباماجيكولا–تشاتاهوتشي–فلينت**	٤٢ أحواض شايان **وبيلي** فورش
٣ حوض نهر هدسون	٢٣ سهول جورجيا **وفلوريدا** الساحلية	٤٣ حوض يلوستون (الحجر الأصفر)
٤ **الصرف الساحلي** للونغ آيلاند–**ولاية** نيو جيرسي	٢٤ جنوب فلوريدا	٤٤ حوض نهر كولورادو العلوي
٥ حوض نهر ديلاوير	٢٥ حوض نهر كنتاكي	٤٥ وادي ريو غراندي
٦ حوض نهر سسكويهانا **السفلي**	٢٦ نهر موبايل وروافده	٤٦ **أحواض جبال ال**روكيز الشمالية
٧ شبه جزيرة ديلمارفا	٢٧ ميسيسيبي أمندسن	٤٧ **أحواض بحيرة سولت (الملح)** العظمى
٨ حوض نهر بوتوماك	٢٨ الأكادية–**بونتشارترين**	٤٨ حوض نهر الأفعى العلوي
٩ أليغيني وأحواض مونونجاهيلا	٢٩ حوض نهر تينيسي **السفلي**	٤٩ أحواض وسط أريزونا
١٠ حوض نهر كنوها الجديدة	٣٠ أحواض شرق ولاية ايوا	٥٠ وسط هضبة كولومبيا
١١ **صرف** بحيرة إيري، بحيرة سانت كلير	٣١ **هضاب** أوزارك	٥١ حوض نهر ياكيما
١٢ حوضي نهر ميامي الكبير والصغير	٣٢ أحواض الأنهار الكندية –سيمارون	٥٢ حوض بوجيه ساوند
١٣ حوض نهر الأبيض	٣٣ حوض نهر الثالوث	٥٣ حوض يلاميت
١٤ حوض نهر إلينوي **العلوي**	٣٤ جنوب وسط ولاية تكساس	٥٤ حوض سكرامنتو
١٥ حوض نهر إلينوي السفلى	٣٥ أحواض وسط نبراسكا	٥٥ حوض نيفادا والمراعي
١٦ صرف غرب بحيرة ميشيغان	٣٦ حوض نهر كانساس	٥٦ أحواض سان جواكين –**تولير**
١٧ حوض نهر المسيسيبي العلوي	٣٧ حوض نهر أركنساس **العلوي**	٥٧ حوض سانتا آنا
١٨ نهر الرد(الأحمر) في الحوض الشمالي	٣٨ حوض نهر أركنساس الأوسط	٥٨ أواهو
١٩ صرف ألبيمارل–**باميلكو**	٣٩ السهول المرتفعة الجنوبية	٥٩ حوض مدخل كوك
٢٠ حوض نهر تينيسي **العلوي**	٤٠ جنوب حوض نهر بلات	

تابع شكل ٤,١٣.

التقارير الواردة من هذه الدراسات هي مصادر ممتازة من البيانات سواء كانت علمية محددة، أو ملخصات عامة، وجميع التقارير متاحة للتحميل من موقع USGS، جنبا إلى جنب مع المنشورات والمعلومات أخرى، وهي تتضمن المبيدات الموجودة والمعلومات لمساعدة العاملين في الصحافة لفهم لغة التقارير، كما يوفر المقترحات بدقة عن كيفية تقديم هذه المعلومات للجمهور، والآثار المترتبة على نتائجها لمبيدات الآفات هي مثال جيد لما يمكن استخلاصه من الدراسات. هناك نتائج دراسة USGS تتلخص على النحو الآتي [٢٧]:

- المبيدات وبقايا (نواتج المبيد الأصلية التي حولت في البيئة) من المحتمل أن تكون موجودة بمستويات يمكن اكتشافها في معظم أوقات السنة بالجداول المائية التي تستخدم بشكل كبير في الأراضي الزراعية، أو الحضرية في أحواض تجميع المياه.
- الجداول المائية أكثر عرضة للتلوث بالمبيدات من المياه الجوفية في معظم الطبقات الهيدرولوجية، كما يتبين من التقديرات للملوثات الأكثر شيوعا في المياه المتدفقة.
- الكشف المتكرر للمبيدات وبقاياها في الآبار الضحلة في المناطق الزراعية والحضرية تشير إلى أن المياه الجوفية قد تستحق اهتماما لهذه الأراضي المستخدمة، وتستخدم المياه الجوفية الضحلة في بعض المناطق لمياه الشرب والمياه الضحلة يمكن أن تتحرك نحو الأسفل إلى الطبقات العميقة الحاملة للمياه الجوفية. هناك ما يبرر الاهتمام المبكر لتلوث المياه الجوفية المحتمل؛ لأن حركة المياه الجوفية بطيئة عادة والتلوث بالمياه من الصعب معالجته.
- وجود المبيدات في المياه الجوفية والجداول المائية قد لا يسبب بالضرورة آثاراً سلبية على النظم البيئية المائية أو البشر، ويمكن تقييم احتمال الآثار من خلال مقارنة تركيزات المبيدات المقاسة مع معايير جودة المياه، التي تقوم على التركيزات التي قد تحدث الآثار الضارة.

يلاحظ أن الملخص أعلاه يشمل فقط الكشف عن المواد الكيميائية، ولا توجد تركيزات كيميائية مدرجة ولا تفسيرات عن تأثير المواد الكيميائية على البيئات التي وجدت فيها. للحصول على هذا النوع من البيانات، فيجب قراءة التقارير لكل منطقة محددة.

هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية USGS مورد هائل للبيانات البيئية لجميع الأنواع، وعلى موقعها الإلكتروني تتوافر البيانات الحقيقة لجودة المياه وهي في متناول الجميع وتتضمن العديد من الجداول والأنهار في أمريكا، والخرائط والتقارير والدراسات. أي شخص مهتم في البيانات البيئية، ولا سيما في الولايات المتحدة، يمكن أن يصبح ملماً بعمل الهيئة.

من ... أنا؟ Who...me؟

تخيل وجود جدول مائي في فصل الربيع، تغذية مياه الثلوج الذائبة الباردة، متشحاً باللون الأزرق مع قطع ثلجية بيضاء من الجبال، وتتدفق مياه الجدول في وادي الجبل حيث تعرجات من خلال المروج والأراضي الرطبة، وأخيرا إلى المصب في النهر الأكبر، حيث تسري حيوانات الغزلان الكبيرة والأيل في الوادي، التي تأكل من النباتات النامية على طول مجرى النهر، والصقور والنسور تحلق فوقها تبحث عن الطعام، مع الأصوات الضبعئة من بين الجبال، وخوار الغزلان على الأرض تحيط بك. إضِفْ لمساتك الخاصة بك لذلك المشهد المثالي، متخيلاً مكاناً جميلاً لتسلق الجبال، وأنت والأسماك القافزة على سطح مياه النهر، وتشاهد الحيوانات.

الطبيعية مكان جميل للعيش فيه من قبل البشر، وبناء الطرق لتسهيل السفر، وربما حصاد بعض الأشجار للمساعدة في النفقات، هل المشهد تغير اليوم، كما هو الحال في كثير من الأحيان، هل تتأثر جودة المياه سلبا؟

رد الفعل الفوري على السؤال هو "نعم"، وحزن لا ينبغي أن يسمح به، على مر التاريخ، قطع المستوطنون الأوئل الأشجار، وحفروا الأرض، وغيروا بيئتهم. زاد عدد السكان، وأصبح حجم التغير سريعا، التغيرات التي قام بها الاوائل تتعلق أساسا بالبقاء على قيد الحياة والمعيشة، بعضهم قام ببناء المنازل والمزارع، ومع ذلك، كان عمل بعض الآخرين جرياً وراء تحصيل المال، وفي كثير من الأحيان، عاش بعض المستوطنين الأوائل في المدن بعيدا عن المنطقة التي تتوافر عليها الموارد الطبيعية، وتستخرج، وفي كثير من الأحيان يتم استغلالها بأكثر من الحاجة، على سبيل المثال، أصحاب المناجم خلال القرن الثامن عشر وبعد ذلك بقليل لم يعطوا أياً من الاهتمام للمياه إلا كأداة للحصول على الذهب الخام والفضة. صناعة الخشب الأولية تقوم على أساس حرية الوصول إلى الأشجار والقديمة منها، وبناء الطرق والملاجئ، وقطع مساحات شاسعة من الأراضي. يتم نقل قطع الأشجار على الأنهار إلى مناشر الخشب دون النظر إلى تحقيق استقرار مجرى النهر، أو الحياة المائية، وكان هذا الخطأ كبيراً. لا يهم ما إذا كان يحصل. فالتاريخ يبين ما حدث بالفعل في الماضي. إن محاكمة التاريخ هي نشاط فكري، ولكن التعلم من التاريخ يمكن أن يحدث فرقاً اليوم.

اعتبر البشر ولمدة طويلة الطبيعة شيئاً مهماً ويجب التعامل معها، على أن تغير فيما هو مطلوب، والتحكم بها. لا يوجد أي حكم أخلاقي هنا، الناس بحاجة إلى البقاء على قيد الحياة والنمو، والعالم الطبيعي يوفر الموارد اللازمة، ومع ذلك، تغير الزمن، الزيادة في عدد السكان، والبقاء على قيد الحياة ليست بالضرورة القضية الرئيسية عند التعامل مع الطبيعة. اليوم، في الوقت الحاضر يعمل الحكم والفكر مع بعضهما بعضاً لأن معظم البشر

يسمون على مجرد البقاء فقط، القرارات حول كيفية تطوير الموارد الأراضية والمياه يمكن أن تؤخذ في الاعتبار مع الحاجة للترشيد للحفاظ على الموارد للأجيال القادمة.

اليوم، نحن نعلم عن أثر الحد الأدنى للتنمية والعديد من الطرق الأخرى للترشيد وحماية البيئة سواء بالزراعة والتعدين، وقطع الأشجار، أو بناء المنازل. الجهل أو المنفعة الشخصية ليست عذراً لتجاهل أو تدمير البيئة، من المعروف أن الموارد المائية محدودة، وفي كثير من الحالات هشة، وعليه لا يمكن تجاهل قضايا جودة المياه في أي مرحلة من مراحل تطوير المدينة، أو الضواحي، أو المنتجعات، أو المزارع.

في الحقيقة أننا يمكن أن نحمي كمية محدودة من الأراضي من التنمية البشرية، لذلك، تقليل الضرر إلى أقل قدر ممكن هو الخيار الأفضل. هناك أماكن ينبغي حمايتها لأنها لها قيمة مثل ما تبقى أماكن الحياة البرية الجميلة والغابات المعمرة، والصحراء، ومأوى الحياة البرية، ومع ذلك، وحتى في المتنزهات الوطنية في أمريكا، وكندا، وكينيا، فإنه من الصعب حماية البيئة من استخدام البشر. الملايين من الناس تمر عبر منتزهات يلوستون ويوسميتي الوطنية في الولايات المتحدة كل عام. تقليل آثار زيارات هؤلاء، في حين السماح لأكبر عدد ممكن منهم لدواعي الترويح في أجمل بلد على وجه الأرض، هي مهمة صعبة.

المسؤولية الشخصية هي شيء لا يفكر كثير من الناس فيه أثناء الإجازة، سواء كنت تتسلق المناطق الجبلية أو التجول بالسيارة، فإنه من المهم أن تجمع كل شيء أتيت به إلى تلك المناطق، قد يبدو ذلك وكأنه شيء صغير لكن يتضاعف ذلك مع التأثير الناتج من مليون شخص وكل واحد يحاول أن يكون له خبرة في "الطبيعة" المحيطة، أثناء التجول في الغابة قد ترى طريقاً أسرع إلى أسفل فيتبع الآخرون على الممر نفسه الذي أوجدته في الغابة وقد يكون درباً غير مناسب، حيث قد تسبب في تكوين مجرى مائي، وبالتالي التعرية المائية التي تؤدي إلى وجود الأخاديد الكبيرة، وتشكل الأخاديد في مناطق لا يجب أن تكون فيها، لاحظ ماذا حصل في المنظر الجميل قبل تكوين الممر بالمنطقة حيث أدت الخطوة هذه إلى إزالة فروع الأشجار، أو إعداد المخيم عن طريق تحريك الصخور، أو إزالة النباتات لتكوين أرضية مناسبة للخيام. إن مقولة "لا تترك أثراً" تعمل بشكل جيد بالنسبة للبيئة.

من السهولة إلقاء اللوم على الشركات الكبرى والسياسيين – أو أي شخص غير أنفسنا لتدهور جودة المياه، هناك الكثير من اللوم على الآخرين المشار إليهم، ولكن من الصعب مواجهة عواقب خياراتنا الخاصة، نعم، من المهم مساءلة الصناعات، والزراعة، والنفط، والتعدين، وعمال المناجم، والخشب، والمواد الكيميائية،

ومولدات الكهرباء، والمطورين، ووضع معايير أعلى مما كانت عليه في الماضي لجودة المياه، ومع ذلك، يجب تطبيق المساءلة على أولئك الذين يستفيدون، حتى بالنسبة لنا.

ملخص الفصل Summary points

- **يمكن تعريف جودة المياه** بأنها الخواص الكيميائية والفيزيائية والحيوية للمياه التي تتأثر بالجيولوجيا والمناخ والبيئة المحلية، والناس.
- تعرف عادة جودة المياه المطلوبة من قبل المستخدم المعين، وتحدد الاستخدامات المعينة مستوى جودة المياه المطلوبة، وتشمل المستخدمين لمياه الشرب، أو إمدادات المياه العامة، وحماية المحار والأسماك، والحياة البرية، والترفيه، والزراعة، والصناعة، والملاحة.
- الخصائص المهمة للمياه المتعلقة بالاستخدامات المعينة تشمل قدراتها على الإذابة، والكثافة، والسعة الحرارية، والرقم اليهدروجيني، والتماسك، والالتصاق، ومحتوى الأكسجين المذاب، العكارة، ودرجة الحرارة.
- **الكيمياء الجزيئية للمياه** تجعلها فريدة من نوعها، وهو جزيء قطبي، أي لديه قطب سالب، والآخر موجب، خصائص الماء فريدة من نوعها وترجع إلى القطبية، هذه القطبية تسمح للجزيئات الفردية أن ترتبط مع بعضها بعضاً وللأيونات في محلول الماء حيث توجد على صورة الغاز، السائل، أو صلبة عند درجات الحرارة المختلفة، فهي المادة الوحيدة التي تملك القدرة على ذلك وتحدث بشكل طبيعي على الأرض.
- **الخصائص الفريدة للمياه بأن لها سعة حرارية نوعية عالية، وذات كثافة متغيرة تعتمد على درجات الحرارة، طابعها العالمي المذيب، وخصائص التماسك والالتصاق**
- يحدث تدهور لجودة المياه عندما لا تفي بمتطلبات الاستخدام المعين، يمكن لكل من الأسباب الطبيعية والبشرية أن تؤدي إلى تدهور جودة المياه.

- **التلوث** من مصدر محدد ومعروف مثل أنبوب من مصدر صناعي، والتلوث من مصدر غير محدد مثل الجريان السطحي على مساحة واسعة من حقول المزارع، أو المناطق المعبدة. يمكن استخدام أفضل الممارسات الإدارية (BMPs) لمكافحة مصدر التلوث.

- تم تطوير أفضل الممارسات الإدارية على الاستخدامات المختلفة للأراضي، منها: الزراعة، وزراعة الغابات، والتعدين، والتنمية الحضرية، والبناء، والطرق.

- عادة ما تصنف الملوثات وفقا لنوع: المغذيات، والرواسب، والمواد الكيميائية السامة، ومسببات الأمراض الحيوية، المواد العضوية المستنفذة للأكسجين، والحرارة، كل جزء من هذه الملوثات يعطي تأثيرات مختلفة على النظم المائية.

- **المغذيات الزائدة**: النيتروجين والفوسفور هما الأكثر شيوعاً، وعادة ما يسببان الإفراط في نمو النباتات بشكل عام وموتها في نهاية المطاف بسبب كمية الأكسجين المذاب في الماء. النباتات الميتة هي مثال على المواد العضوية المستنفذة للأوكسجين، النفايات السائلة هي أيضاً ضمن هذه المجموعة.

- تقلل الرواسب من وضوح المياه.

- **المواد الكيميائية السامة**، سواء كانت المبيدات، أو المواد الهيدروكربونية الصناعية، يمكن أن تكون سامة للحياة المائية مباشرة، ويمكن أن تكون ضارة للإنسان.

- **مسببات الأمراض** هي الجراثيم في المياه التي تسبب المرض، فإن تأثير هذه الأمراض على حياة الإنسان يمكن أن يكون مدمراً.

- **الحرارة**، عادة تنتج ثانويا من التبريد الصناعي، والذي يزيد من معدل التفاعلات الكيميائية، ويخفض مستويات الأكسجين المذاب، ويمكن أن تضر الحرارة بالمجتمعات السمكية.

- المياه النظيفة هي حق أساسي من حقوق الإنسان، الأمراض المنقولة عن طريق المياه يمكن الوقاية منها وهي لا تزال تقتل الملايين كل عام.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١. الكثافة مفهوم فيزيائي مهم، ناقشْ الأهمية البيئية للاختلافات في الكثافة بين النفط والمياه وبين المياه والجليد، استخدام الأمثلة.

أ. الكثافة ببساطة هي الوزن لكل وحدة حجم. النفط أقل كثافة من الماء، وسوف يطفو على سطح الماء، هذه الخاصية للنفط تحدث مشاكل في تنظيف التسرب النفطي، على سبيل المثال، إذا تسرب النفط إلى أسفل قد يكون من الصعب تنظيفه، وإذا اختلط مع الماء بحرية. يصبح من المستحيل تنظيفه. كثافة المياه الصلبة (الثلج) أقل من الماء السائل، وهذه الخاصية تسمح بطفو الجليد. المياه الصلبة لديها بنية بلورية محددة، وبدلاً من أيونات الهيدروجين الحرة في الماء السائل، يقل وزن الهيكل البلوري لوحدة الحجم؛ لأنه يحتوي على المسافات، وبالتالي فإنه يطفو. حقيقة أن الجليد يطفو على سطح البحيرات الكبيرة وفي المحيط يسمح للكائنات بالعيش تحت الجليد بدلاً من أن تتجمد فيه (ص ١٠٢-١٠٥).

٢. ما هي العوامل البيئية التي تؤثر على مستويات الأكسجين المذاب في المياه العذبة؟ أي منها يمكن أن تتغير بفعل النشاط البشري؟ أعطِ مثالاً على ذلك.

أ. تركيزات الأكسجين الذائب في المياه الطبيعية تختلف مع درجة حرارة الماء، والوقت من اليوم، والملوحة، والغطاء النباتي الحي والميت هي على حد سواء، (ص ١٠٩-١١٠).

ب. يمكن أن يؤثر النشاط البشري على درجة حرارة الماء من خلال فقدان الظل مع إزالة النباتات النهرية، والإضافات من مياه التبريد من الصناعة. يمكن أن يموت أو يزال الغطاء النباتي في الموقع نفسه مع زيادة في النشاط الميكروبي وانخفاض في DO، ويمكن أن تزيد مستويات الملوحة مع إضافات النفايات السائلة الصناعية، أو من خلال الإضافات الزراعية (ص ١٠٩-١١٠).

٣. فرق بين التلوث المحدد المصدر وغير محدد المصدر، ما هي بعض طرق المكافحة لكل منها، ولماذا هي مختلفة؟

أ. مصادر التلوث المحددة هي أي مصدر للتلوث يمكن تحديده ومعرفة موقعه ويكون عادة من الأنابيب، أو مكان الحادثة (التي تطلق مادة ضارة، مثل تسرب ناقلة نفط، أو من انقلاب السيارات الضخمة الحاملة للكيماويات ونشرها إلى جانب الطريق السريع). غير أن مصادر التلوث غير المحدودة تنشأ في مناطق جغرافية أكبر، مثل الحقول، والمناطق الحضرية، أو داخل احواض تجميع المياه بأكملها.

ب. يمكن تحليل عينات المياه الملوثة من مصدر محدد، ويمكن تحديد تأثيرات الملوثات إلى مالك أو مسبب معين. أصدرت هيئة حماية البيئة الأمريكية USEPA نظام القضاء على تصريف الملوثات الوطني (NPDES) وهو مسموح به للأفراد والشركات التي تضيف الملوثات المحددة المصدر إلى المياه بالولايات المتحدة، إذ سمح قانون المياه النظيفة بهذه التصاريح في عام ١٩٧٢ للمساعدة في تحسين جودة المياه في البلاد.

ج. من ناحية أخرى، القسم ٣١٩ من قانون المياه النظيفة يوفر بداية آليات التمويل والتعامل مع التلوث من مصدر غير محدد في الولايات المتحدة. هذه التشريعات الاتحادية توفر المال لممارسات الإدارة التي تعالج مشكلة التلوث من مصدر غير محدد، وتسمى هذه الممارسات مجتمعة بأفضل الممارسات الإدارية (BMPs). وقد تم تطوير أفضل الممارسات الإدارية لجميع أنواع الصناعات التي تنتج الملوثات غير المحددة المصدر، مثل: الغابات، والزراعة، والتنمية الحضرية، والتعدين، وبناء الطرق (ص ١١٢-١١٤).

٤. كيف يتم تصنيف الملوثات؟ ما هي فئات الملوثات؟

أ. يتم تصنيف الملوثات إلى ست فئات على أساس خصائصها، أو النوع.
ب. الأنواع الستة هي المغذيات والرواسب والمواد السامة الكيميائية والحيوية ومسببات الأمراض والمواد العضوية المستنفذة للأكسجين والحرارة (ص ١١٨-١٢٤).

٥. ناقش تأثير الأمراض التي تنقلها المياه في البلدان النامية، ما هي بعض العقبات التي تحول دون القضاء على الأمراض المنقولة عن طريق المياه؟

أ. الكائنات الحية المسببة للأمراض المنقولة عن طريق المياه التي لها أهمية خاصة للإنسان تشمل الفيروسات (على سبيل المثال، التهاب الكبد أ، التهاب النخاع)؛ البكتيريا (مثل الكوليرا والتيفوئيد والكائنات القولونية)، البروتوزوا (على سبيل المثال، الكريبتوسبوريديوم، الأميبا، الجيارديا)، والديدان (على سبيل المثال، البلهارسيا، دودة غينيا). عادة ما يتم إدخال هذه في البيئة من البراز الملوث من الحيوانات والبشر، وهذا يجعل الحاجة إلى خدمات الصرف الصحي الأساسية إلزامية، في جميع أنحاء العالم، نجد أمراض الإسهال التي يمكن الوقاية منها تقتل ١,٨ مليون شخص سنويا (ص ١٢٢-١٢٧).

ب. العقبات الرئيسية للقضاء على مثل هذه الأمراض هي الجهل، وقلة توفر الموارد المائية، والحرب، والجشع، والفقر. يمكن أن يكون لدى الطلاب وجهات نظر أخرى.

٦. تقدم بمثال على محاولات شخص ما (من اختيارك) لتحسين أي جانب من جوانب البيئة الطبيعية للأرض، ناقش أفكارك، مع دعمها بالحقائق والمراجع.

أ. سوف تختلف الإجابات – انظر إلى الابحاث في ذلك.

لمزيد من القراءة

De Kruif, Paul Henry, 1926, Microbe Hunters, New York: Harcourt Brace.

Carson, Rachel, 1962, Silent Spring, Boston, Mass.: Houghton Mifflin. Gleick, Peter H., 2004, The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources, Washington, D.C.: Island Press.

Pielou, E.C., 1998, Fresh Water, Chicago, 111.: University of Chicago Press.

References

[1] Karrie L. Pennington, 2004, "Surface water quality in the Delta of Mississippi," in Water Quality Assessments in the Mississippi Delta, eds. Mary T. Nett, Martin A. Locke, and Dean A. Pennington, ACS Symposium Series No. 877, Washington, D.C.: American Chemical Society, p 30.

[2] World Health Organization (WHO), 2006, Guidelines for Drinking-Water Quality, 1 addendum to 3rd edn,electronic version, http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/, September 2007.

[3] Public Broadcasting System, "Wide angle," http://www.pbs.org/wnet/ wideangle/shows/dammed/, September 2007.

[4] Central Pollution Control Board, http://www.cpcb.nic.in/water.htm, August 2007.

[5] US Environmental Protection Agency (USEPA), Water Science, http://www.epa.gov/waterscience/index.html, September 2007

[6] USEPA, http://www.epa.gov/oilspill/exxon.htm, August 2007

[7] European Space Agency (ESA), Envisat Overview, http://www.esa.int/esaEO/SEMWYN2VOJJD_index_0_m.html, August 2007

[8] ESA, "Oil spill observations," http://www.esa.int/esaEO/ ESAlXRVTYWC_index_l.html, August 2007

[9] Chemical Achievers, The Human Face of the Chemical Sciences: SorenSorensen,http://www.chemheritage.org/classroom/ chemach/ electrochem/sorensen.html

[10] Lenore S. Clescerl, Arnold E. Greenberg, and Andrew D. Eaton, 1998, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th edn, Washington, D.C.: American Public Health Association

[11] US Geological Survey, Field Manual, http://water.usgs.gov/owq/ FieldManual/Chapter6/6.2.4.pdf Table 6.2-6, August 2007

[12] Save the Bay Center, http://www.savebay.org/advocacy_nutrients_ reduce.asp, Providence, Rhode Island, August 2007

[13] US Department of Agriculture (USDA) Natural Resources Conservation Service, 1999, "Conservation corridor planning at the landscape level," from Managing For Wildlife Habitat, Part 190 of the National Biology Handbook, ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/WSI/pdffiles/ Conservation_Corridors_Manual-Cover.pdf. August 2007

[14] C. D. KTaassen, M. 0. Amdur, and J. Doull, eds., 1986, Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, 3rd edn, New York: Macmillan, p 4

[15] P. Gaudreault, A. R. Temple, and F. H. Lovejoy, Jr., 1982, "The relative severity of acute versus chronic salicylate poisoning in children: a clinical comparison," Pediatrics 70, 566-569

[16] Mike Magee, 2005, Healthy Water: What Every Health Professional Should Know About Water, New York: Spencer Books

[17] Clescerl et al.. Standard Methods

[18] WHO Committee on Economic, Social and Cultural Rights, 2002, The Right to Water, 29 session. Geneva, Switzerland: WHO

[19] WHO, 2000, The Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000, Geneva, Switzerland: WHO, p 1

[20] Peter H. Gleick, 2004, The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources, Washington, D.C.: Island Press, pp 7-8

[21] The Carter Center, 2007, Guinea Worm Eradication Program, http://www. cartercenter.org/, August 2007

[22] Rachel Carson, 1962, Silent Spring, Boston, Mass.: Houghton Mifflin

[23] Paul Henry De Kruif, 1926, Microbe Hunters, New York: Harcourt Brace

[24] WHO Roll Back Malaria Department and the United Nations Children's Fund, 2005, UNICEF, World Malaria Report, http://www.rbm. who.int/wmr2005/index.html

[25] Richard Tren and Roger Bate, 2001, Malaria and the DDT Story, London: Institute of Economic Affairs.

[26] US Geological Survey, National Assessment of Water Quality Program, http://water.usgs.gov/nawqa/about.html, August 2007

[27] Robert J. Gilliom, Jack E. Barbash, Charles G. Crawford, Pixie A. Hamilton, Jeffrey D. Martin, Naomi Nakagaki, Lisa H. Nowell, Jonathan C. Scott, Paul E. Stackelberg, Gail P. Thelin, and David M. Wolock, 2007, Pesticides in the Nation's Streams and Ground Water, 1992-2001, USGS Circular No. 1291, Reston, Va.: US Geological Survey.

الفصل الخامس

أساسيات أحواض تجميع المياه

Watershed Basics

عندما نحاول أن نعزل شيئاً بذاته، نجد أنه مرتبط بكل شيء آخر في الكون، جون موير John Muir، محافظ (١٨٣٨-١٩١٤)[١]

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- المقدمة
- تحديد أحواض تجميع المياه
- مقارنة للتعرية بين اثنين من أحواض التجميع الرئيسية
- تركيب حوض التجميع
- وظيفة حوض التجميع
- كمية المياه

المقدمة

Introduction

حوض تجميع المياه (ويسمى أيضا حوض حصد المياه) هي مساحة من الأرض التي تصب في المسطح المائي. المسطحات المائية التي تصب بها المياه قد تكون صغيرة مثل بركة المزرعة، أو كبيرة مثل البحر، ويمكن أن تكون بحجم نهر المسيسيبي، أو حتى أكبر كالأمازون، بل يمكن أن تكون صغيرة مثل بركة صغيرة نسبيا في ولاية

ماساشوستس، أو بحيرة ضخمة على الحدود الأمركية والكندية، يختلف حجم حوض التجميع من هكتار إلى بضع آلاف من الكيلومترات المربعة (فدان لآلاف الأميال المربعة).

الجيولوجيا، والغطاء الأرضي، وحجمها وشكلها، والتضاريس، وخط العرض، والكيمياء، والمناخ الإقليمي، والمجتمعات الحيوية المحلية، واستخدام الأراضي هي عوامل مهمة جدا في تشكيل حوض التجميع، أنشطة البشر والتعديلات المرتبطة باستخدام الأراضي، وخصوصا خلال القرن الماضي، كلها تؤثر على طبيعة حوض التجميع والأراضي الرطبة، والبرك، والبحيرات، والخزانات، والجداول، والأنهار.

حوض التجميع المفتوح عادة ما ينتهي إلى المحيط، في بعض الأحيان يوجد للنهر عدة مصبات، تنتهي إلى أحواض تجميع مفتوحة. نهر الأمازون هو مثال جيد على أحواض التجميع المفتوحة والمتعددة (انظر الشكل ٥,١). حوض التجميع المغلق ينتهي بسطح مائي داخل الأراضي، مثل بحيرة، أو بحر داخلي (انظر الشكل ٥,٢).



شكل ٥,١. حوض نهر الامازون، قارة جنوب أمريكا: حوض تجميع مفتوح.

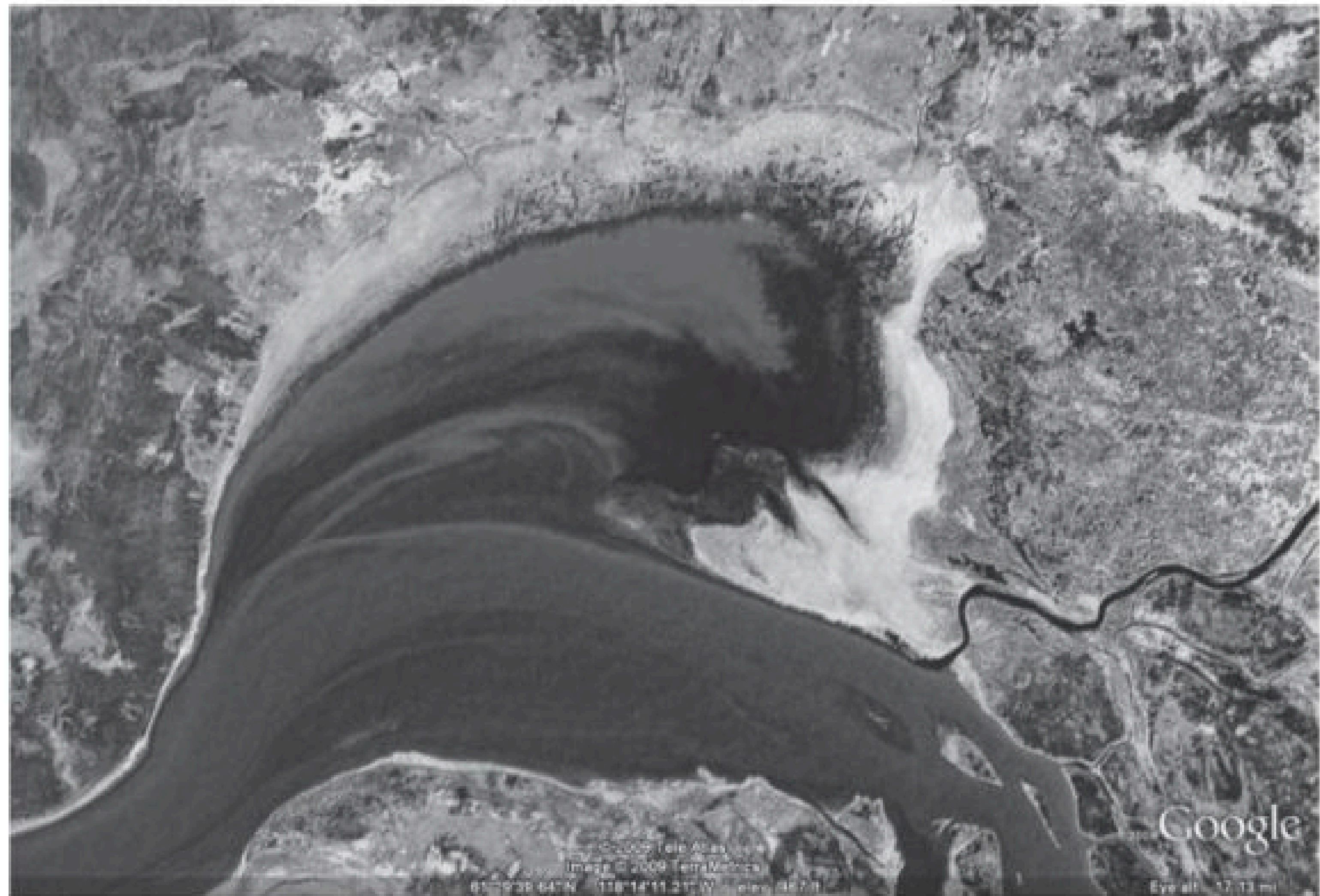
حدود حوض التجميع Watershed delineation

حدِّد أحواض التجميع عادة باستخدام الخرائط الطبوغرافية لتحديد التلال، أو غيرها من النقاط العالية الفاصلة (الحدود الفاصلة) بين أحواض التجميع المختلفة. تظهر الخرائط الطبوغرافية التضاريس السطحية كخطوط كنتورية. كلما اقتربت خطوط الكنتور مع بعضها بعضاً كلما كانت الانحدارت شديدة، كانت خطوط الكنتور بعيدة عن بعضها بعضاً على الخريطة، فهي تمثل مناطق مستوية، يصعب تحديد الحدود في المناطق المنخفضة

لأنه يتم قياس التلال والمرتفعات بالبوصة، أو السنتيمترات. اليوم، يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) المتطور مع برنامج التحليل المكاني وخطوط الارتفاع الرقمي لتحديد أحواض تجميع المياه بسرعة وبدقة على أساس معالم الخريطة، ويمكن أن تنتج نماذج التضاريس الرقمية دقيقة (DTM) من خلال تقنيات الكشف الضوئية (LIDAR)، والتصوير الجوي، وتقنية النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) عند استخدمها معا. يمكن أن تقيس هذه الأدوات التغيرات في الارتفاع العمودي بدقة ٧-٨ سم (٣ بوصات) [٢]. هذا النطاق الصغير من الدقة يساعد على وضع خرائط دقيقة حتى في المناطق المسطحة للغاية (انظر الشكل ٥,٣).



شكل ٥,٢ روافد في هذا الحوض الجليدي التي جميعها تصب في البحيرة. هذا حوض تجميع مغلق. لاحظ أن حدود البحيرة أكبر من حافة التيار المائي. لماذا يحدث ذلك؟
(Photograph courtesy of Google Earth)



شكل ٥,٣ دلتا المسسيبي المستوية.
Photograph by)
(Karrie Pennington

في العمق In depth

الخرائط والتقنية LIDAR

استخدمت مجموعة من الأدوات والتقنيات لتحديد وتقييم أحواض تجميع المياه. المصطلح LIDAR هو اختصار لتقنيات الكشف الضوئية والمدى، وطريقة العمل كالآتي: تنصب وحدة الليزر للمسح الضوئي على طائرة، الطائرة. تطير في اتجاه تنبعث أشعة الليزر كتيار من نبضات الضوء المتحركة. نبضات الضوء عمودية وتتجه مع مسار الرحلة، ونحو سطح الأرض. النبضات المنعكسة تسجل الوقت الذي تستغرقه للوصول إلى السطح، وزاوية الميل، والمستوى الذي تحت الطائرة مباشرة، ويتم تسجيلها مع بيانات GPS والارتفاع ووحدة القياس بالطائرة (IMU).

تحول مرحلة ما بعد المعالجة البيانات التي تم جمعها من LIDAR إلى بيانات صالحة للاستعمال. المسافة الأفقية بين الطائرة والأرض، للنبضات المعكوسة من الأرض تحسب لنصف الوقت الذي تستغرقه نبضة ليزر المنطلقة من الطائرة التي ترجع إليها مرة أخرى، مضروباً في سرعة الضوء، ثم يتم تصحيح المسافة الافقية اعتماداً على الظروف الجوية، والمسطح، وزاوية انعراج الطائرة باستخدام بيانات IMU. مرحلة ما بعد المعالجة هذه تجعل المسافة الأفقية دقيقة قدر الإمكان.

بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) تتم معالجتها (التي تناقش أدناه) بشكل منفصل حيث تؤخذ من بيانات LIDAR. ثم يتم تحويل كل مسافة أفقية مصححة إلى ارتفاع عن سطح الأرض. يتم استخدام برامج إضافية لوضع خطوط الكنتور، ومراقبة جودة نموذج التضاريس الرقمية، والتحقق من البيانات، مثل عوامل المعايرة [٣]. تستخدم هذه البيانات لإنشاء خرائط دقيقة لأحواض تجميع المياه الرقمية، أو النماذج.

النظام العالمي لتحديد المواقع GPS

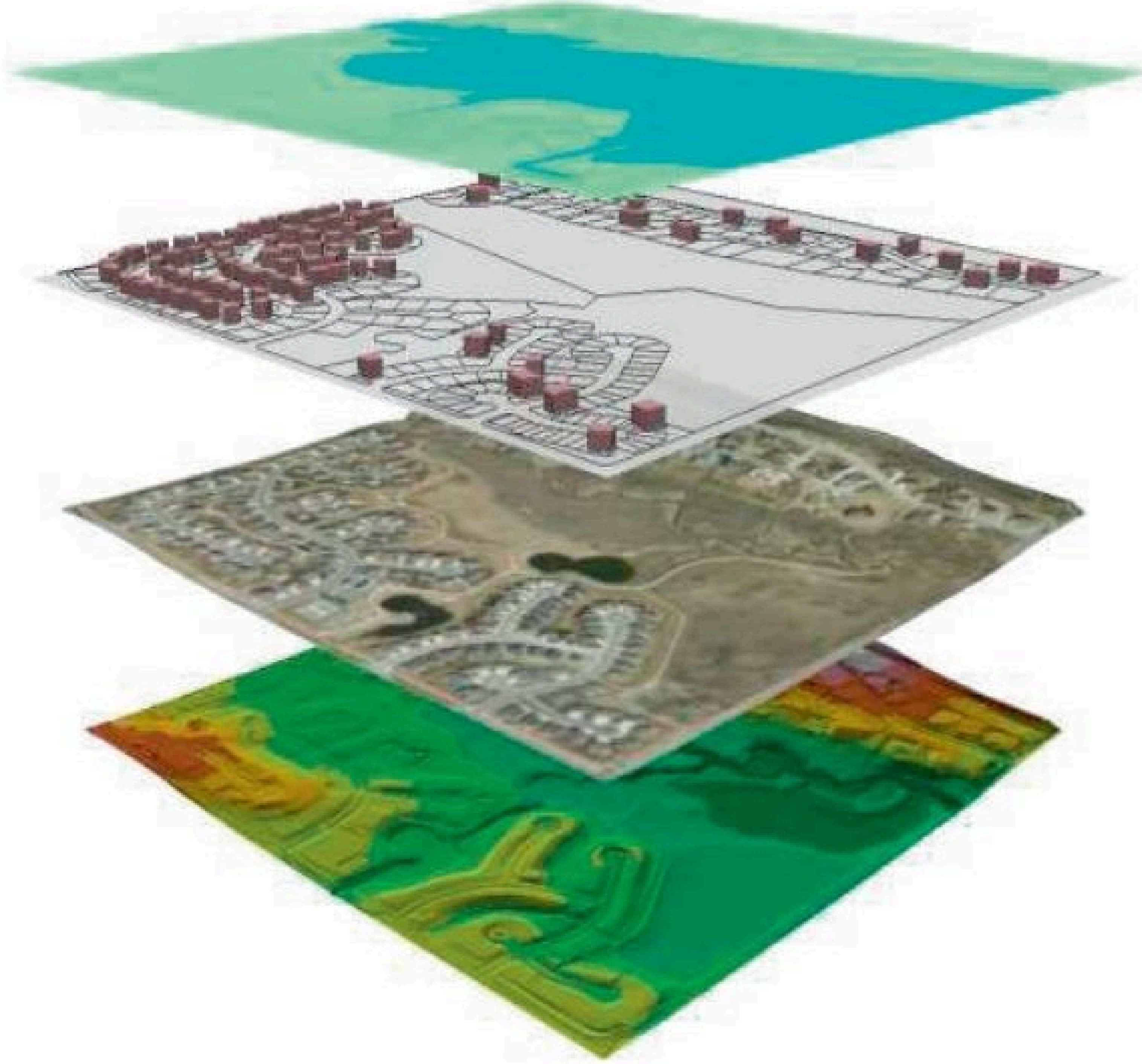
يوفر نظام Navstar لــ GPS خط العرض، وخط الطول، وارتفاع المواقع بدقة متناهية لكل شيء على الأرض، ويتألف النظام من كوكبة من الأقمار الصناعية التي تدور على ارتفاع ٢٠٠٠٠ كم (١٢ ٤٠٩ أميال) فوق سطح الأرض، التي تنقل إشارات على اثنين من الترددات بأجزاء من الموجات الدقيقة من الطيف الراديوي [٤]. المحافظة على النظام من خلال شريحة التحكم ونظام محطات الرصد الأرضية ومرافق فضائية أخرى، لاستخدام هذا النظام يجب توفر جهاز استقبال. يمكن أن تكون أجهزة الاستقبال هذه مدنية، أو عسكرية وأجهزة استقبال GPS تستقبل إشارات الأقمار الصناعية، وهي لا تنقل إشارات أو تعكس الإشارات من غير الأقمار الصناعية. يمكن لجهاز GPS أن يستخدمه أكبر عدد من المستخدمين، لأنها وحدات استقبال فقط.

القمر الصناعي في نظام يشكل سلسلة من الرموز الرقمية الفريدة من Is وOs وهي مؤقتة بدقة مع الساعة الذرية التقطت بواسطة هوائي جهاز استقبال GPS وتتطابق مع تسلسل الرمز نفسه المتشكل داخل جهاز الاستقبال، يتطابق جهاز الاستقبال مع تسلسل الرمز لتحديد المدة التي تستغرقها إشارة للانتقال من القمر الصناعي إلى جهاز الاستقبال، ويتم تحويل هذه القياسات الزمنية إلى مسافات باستخدام سرعة الضوء (حوالي ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية، أو ١٨٦ ٠٠٠ ميل في الثانية الواحدة)، وبنفس سرعة موجات الراديو.

يمكن لجهاز الاستقبال أن يحدد خط العرض، وخط الطول، والارتفاع وفي الوقت نفسه قياس المسافات لأربعة أقمار صناعية، أو أكثر مع مواقع معروفة (المدرجة في الاشارات المرسلة من قبل الأقمار). تتزامن ساعة جهاز الاستقبال مع التوقيت القياسي لــ GPS . يوفر هذا التسلسل قراءات دقيقة عن الموقع والوقت، باستخدام قياس المسافات، لتحديد الموقع، التي تعرف بالتثليث المساحي trilateration. الذي لا ينبغي الخلط بينه وبين التثليث الزاوي trianguiation، الذي ينطوي على قياس الزوايا. يوفر GPS التغطية العالمية الكاملة على مدار ٢٤ ساعة، والأهم من ذلك، أنها لا تتأثر بالأمطار، والثلج، والضباب، أو العواصف الرملية.

نظم المعلومات الجغرافية GIS

نظم المعلومات الجغرافية (GIS) هي أداة قوية لرسم الخرائط، والتحليل، وقاعدة البيانات، وهو يتألف من نظام كمبيوتر، والبرمجيات، والبيانات. تتوفر البرامج تجارياً وهي جيدة جدا. يمكن الحصول على البيانات، استعارتها، إنشاؤها، أو شراؤها. تتوفر مجانا العديد من الطبقات الشائعة المستخدمة، مثل طبقات الأنهار، والطرق، والحدود السياسية. تستخدم نظم المعلومات الجغرافية GIS على نطاق واسع في تحديد أحواض تجميع المياه، وتتوفر العديد من البرامج لذلك، ويتم تنظيم البيانات في نظم المعلومات الجغرافية بطبقات من المعلومات عن الموقع (مثل حوض التجميع) التي تم جمعها وتنظيمها في قاعدة بيانات (انظر الشكل ٥,٤). ويمكن بعد ذلك أن تستخدم البيانات لإنتاج الخرائط والرسوم البيانية، أو الأشكال للمعلومات في المنطقة، وتسمى هذه بالخرائط الذكية، لأن أي من البيانات التي تم إدخالها عن المكان يمكن استرجاعها، وتحليلها، وعرضها جنباً إلى جنب مع الخريطة أو كجزء من الخريطة.



شكل ٥,٤. طبقات نظام المعلومات الجغرافية GIS وضعت فوق بعضها بعضاً لإكمال المعلومات عن موقع معين، كل طبقة تحوي جدولاً من المعلومات لتوفر التفاصيل عن الطبقة، على سبيل المثال، الطبقة التي تحوي المنازل تحتوي على بينات إحصائية، كم من شخص يعيش في المترل، وأعمارهم، والدين، والجنس، وإلخ.

الرسومات التي تعمل بالحاسب بالآلي، جنباً إلى جنب مع معلومات قاعدة البيانات، تعطي تحليلاً قوياً يمكن اختبار العلاقات المكانية بين طبقات من قاعدة البيانات المختلفة، طبقات قاعدة البيانات تتضمن المعلومات الجغرافية مثل الطرق، وأحواض التجميع، والأنهار، والسكك الحديدية، ومواقع المدينة، وأسماء الشوارع. يشيع استخدام بيانات التعداد لأغراض التحليل السوسيولوجي، أو الديموغرافي. لدى وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) طبقات من البيانات لجميع التصاريح للتخلص من النفايات في الأنهار ومجاري المياه، توضع المدن الرسومات البيانية لأنظمة تصريف مياه الأمطار، وخطوط الحافلات، ومواقع المدارس، والمعلومات الأخرى، وقد تم ترقيم المناطق الرطبة في أجزاء كثيرة من العالم لاستخدامها كطبقات من البيانات، نظريا يمكن لأي البيانات متعلقة بموقع أن تصبح طبقة من بيانات للـــ GIS.

عند دمج المعلومات، يمكن للطبقات من البيانات أن تعطي معلومات مفيدة في نواح وحالات كثيرة أكثر ما يمكن تصوره، على سبيل المثال، الطيور المهاجرة تحط في كثير من الأحيان في الأراضي الرطبة سعيا للغذاء خلال الرحلة. مواقع الأراضي الرطبة داخل حوض التجميع، ونوعها، وكبر الحوض، ومصادر الغذاء، وأعداد الحيوانات المفترسة، واشجار التعشيش، يمكن وضعها كبيانات طبقية مع معرفة اتجاه رحلة الهجرة لأنواع من الطيور للتنبؤ على قدرة الطيور في إكمال هجرتها، ويمكن أيضا إضافة معلومات حول الأنواع كطبقة بيانات، ويمكن تصحيح التحليل بحيث يشمل الغذاء المناسب، ومأوى العشش، والمأوى المفضل. فائدة هذه الأدوات في تحليل المعلومات ذات الصلة بالمكان لا نهاية لها.

مقارنة للتعرية لاثنين من أحواض التجميع الرئيسية

A comparison of erosion from two major watersheds

مجموعة البيانات المحتملة لحوض التجميع واسعة ومتنوعة، وبالمثل، فإن الحجم الفعلي لبعض أنظمة أكبر الأنهار بالكرة الأرضية، مثل نهر الأمازون والمسيسيبي، مدهشة حقا. الحجم الكبير للحوضين أدى إلى وجود مستويات عالية من الرواسب في مياه الأنهار الناتج من التعرية. سوف نتطرق أولاً لحوض الأمازون، فمساحة حوض تجميع نهر الأمازون (انظر الشكل ١ ,٥، كما هو موضح سابقا) تساوي ٦٩١٥ ألف كيلومتر مربع (٢٦٧٠ ألف ميل مربع)، أي حوالي ٤٠ في المائة من إجمالي مساحة الأراضي في أمريكا الجنوبية، ومن الصعب تخيل حجم الأمازون، إذ هو أكبر نهر في العالم من حيث الحجم، مع تدفق لمياه النهر تفوق تدفق مجموع أكبر ثمانية أنهار مجتمعة، كما يشغل أكبر حوض تجميع للمياه في العالم. يحمل نهر الأمازون ٢٠ ٪ من كل المياه العذبة التي تصب في محيطات الأرض. توقف للحظة وحاول أن تتخيل الكمية الكبيرة من التدفق لمياه النهر التي تنشأ كومة من المياه العذبة بطول ٣٢٠ كيلومتراً (٢٠٠ ميل) في عرض المحيط. يبدأ النهر بجدول مائي في جبال الأنديز البيروفية، ويكبر خلال تدفقه عبر حوض التجميع إلى المحيط الأطلسي.

توضح الصور الفضائية (الشكل ٥ ,٥) من نهر الأمازون كتلة ازدياد مساحة اليابسة والمتشكلة من الرواسب من حوض التجميع لتصب في المحيط الأطلسي [٥]. إزالة الغابات المطيرة يزيد من الأرض العارية ويعرضها إلى التعرية، لذا يمكن توقع زيادة في كمية الرواسب مع الجريان السطحي. قدمت صور الأقمار الصناعية مثالاً تصويرياً لتأثير استخدام الأراضي على جودة المياه، الحمل السنوي للرواسب

تختلف أحجام الرواسب النهرية من الصخور إلى الطين، اعتمادا على التعريف المستخدم. يستخدم علماء التربة عموما حجم الحبيبات للتفريق بين الرواسب. يعتبر علماء التربة الحبيبات ذات الاقطار > ٢ مم بأنها حصى، والرمل بين ٠,٠٥–٢ مم، والسلت بين ٠,٠٠٢–٠,٠٥ مم، والطين <٠,٠٠٢ ملم. تعتمد نوع وحجم الرواسب الموجودة بالنهر على ترب حوض التجميع وضفة النهر. الحصى والرمال ثقيلة، فتترسب بسرعة. السلت والطين أخف وزناً، ويمكن أن تبقى معلقة في الماء لساعات وأيام، وهذا يتوقف على نوعها.

في منطقة الأمازون هو ٣٦٣ مليون ميجا (٣٢٩ مليون طن). لإنتاج هذه الكمية من الرواسب فتقدر التعرية بحوالي ١٣ميجا/ هكتار (١١٦٠٠ رطل/ ايكر). تدخل إلى مياه المحيط الأطلسي أقل قليلاً من مليون طن من الرواسب العالقة يومياً، وهذه الكمية شكلت جزيرة Majaro وهي جزيرة نهر بحجم سويسرا قبالة ساحل البرازيل.



شكل ٥,٥. تدفق نهر الأمازون إلى المحيط الأطلسي، تتحرك الرواسب أيضاً إلى المحيط.
(Photograph by Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response Team, NASA/GSFC)

يحتوي حوض تجميع نهر الأمازون على سهل منبسط كبير جداً، وجزء من الأراضي الجبلية، وجزء آخر من الغابات المطيرة، والحوض ذو كثافة سكانية منخفضة على مسار النهر، مع القليل من المدن على ضفاف النهر، توجد أكبر المدن في البرازيل حيث يعيش أكثر ١١ مليون شخص من مجموع سكان الحوض والبالغ عددهم ٢٦ مليون نسمة. توفر الزراعة وصيد الأسماك معظم فرص العمل في المنطقة، ويستخدم على نطاق واسع بالمنطقة قطع الشجر والحرق بالزراعة، وينطوي على قطع الأشجار وحرقها لتجهيز التربة الخصبة للزراعة. استنزاف التربة أرغم المزارعين للانتقال إلى مناطق جديدة والبدء من جديد في زراعتها، مما يترك الأرض تتعرض لعوامل التعرية، وتشكل التعرية مصدراً رئيسياً للرواسب.

حوض تجميع مياه نهر المسيسيبي، في المقابل، هو ثالث أكبر حوض في العالم، ويتجاوزه في الحجم حوضي التجميع لنهر الأمازون ونهر الكونغو في وسط أفريقيا (انظر الشكل ٦ ,٥). ويغطي حوض التجميع لنهر المسيسيبي أكبر من ٣٢٢٥ ألف كيلومتر مربع (١٢٤٥ ألف ميل مربع)، بما في ذلك كل أو أجزاء من ٣١ ولاية واثنتين من المقاطعات الكندية. ويصب في الحوض ٤١ ٪ من ٤٨ ولاية متجاورة من الولايات المتحدة، حمل الرواسب السنوية يصل إلى ٣٠٠ مليون ميجا (٢٧٠ مليون طن)، والتعرية التي تحدث لإنتاج هذه الرواسب تقدر

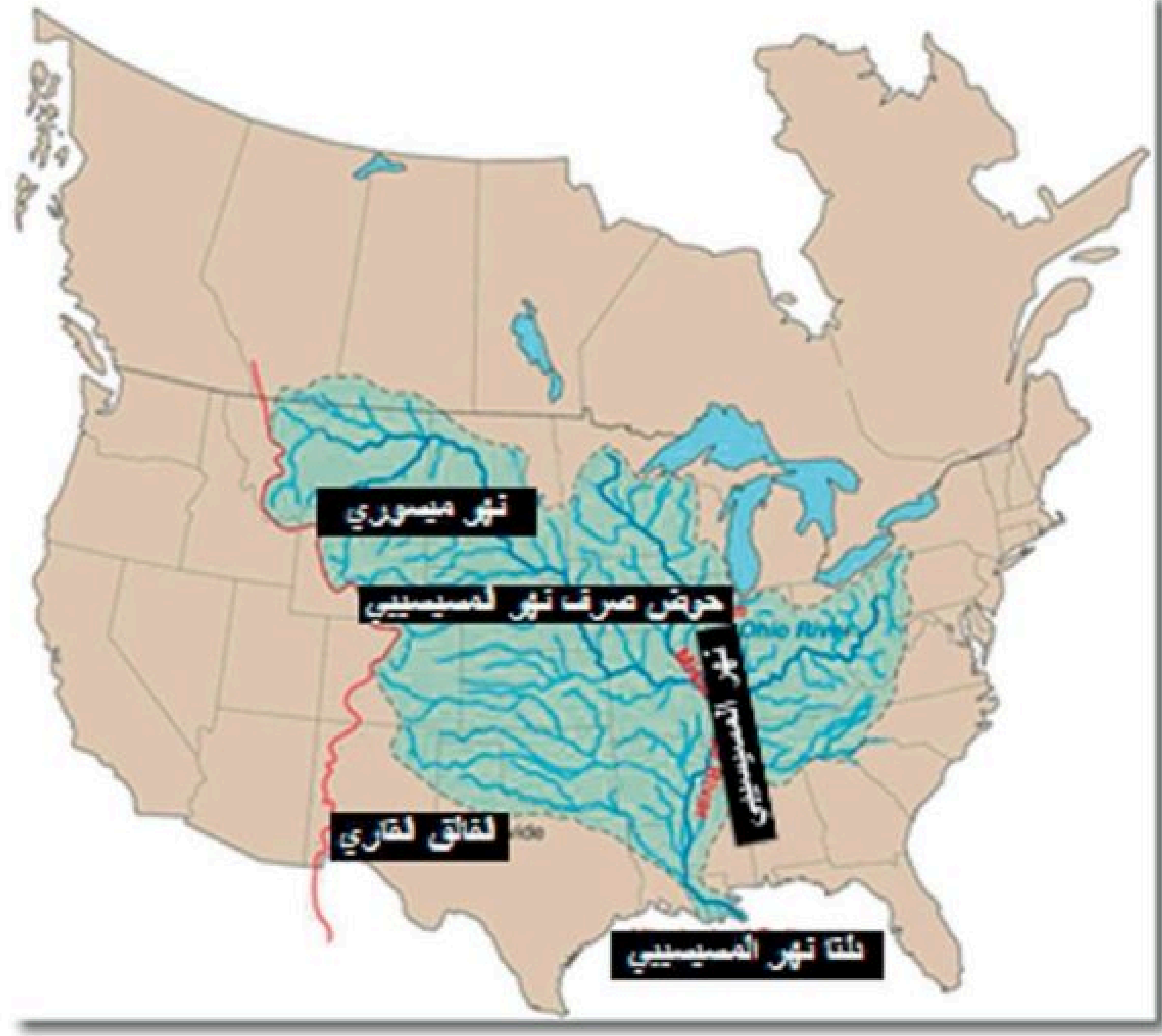
٩٣ميجاجرام/ هكتار (٨٣٠٠٠رطل/ أيكر)، وهذا من شأنه أن يكافئ تقريبا بإلقاء ٢٠ ميجاجرام (١٨ طن) من الرواسب في خليج المكسيك كل ٢ ثانية [٦]. معدل ما تحمله الشاحنة الصغيرة ٢٢٥ كجم متوسط (٥٠٠ رطل). تخيل محاولة لتفريغ ٧٢ من الشاحنات الصغيرة المليئة بالرواسب كل ثانيتين.

فكر في الآتي Think about it
التعرية في حوض تجميع مياه الأمازون حوالي ١٣ ميجاجرام/هكتار (١١٦٠٠ رطل/ايكر)، بينما في حوض تجميع المسيسبي التعرية حوالي ٩٣ ميجاجرام/هكتار (٨٣٠٠٠ رطل/فدان)، ما هي سمات حوض تجميع المياه، أو ممارسات استخدام الأراضي، التي تعمل بحيث زادت من معدل التعرية في حوض تجميع المياه لنهر المسيسبي؟

هذان النهران يمثلان أكبر أحواض تجميع للمياه في العالم، ومع ذلك، فإن فهم كيفية بعض الأحداث الفردية، أو الأنشطة التي تؤثر على مجرى مائي معين مهم، وعادة ما ينطوي ذلك على دراسة أحواض التجميع الصغيرة. العمل الكبير لوضع تصميم تجريبي لفهم حجم النظام البيئي لحوض تجميع مياه نهر الأمازون، حتى بمساعدة GPS، GIS، وصور الأقمار الصناعية، شاق لأي أحد يقوم به.

تركيب حوض التجميع Watershed structure

أحواض تجميع المياه، بالمفهوم البسيط، تتألف من المرتفعات والأراضي المنخفضة، والسمات المختلفة للمياه. كل من هذه العوامل لها مكونات غير أحيائية (المادية، وأحيائية (البيولوجية) التي ستبحث، من المهم أن ندرك أنه لا توجد حدود فاصلة دقيقة لحوض التجميع لمجموعة من الخصائص التي لا تعتمد على بعضها بعضاً، تشترك المكونات غير الأحيائية والأحيائية معا لتشكيل نظام متداخل أكبر من مجموع مكوناته المنفردة، هذا هو النظام البيئي الذي سبقت مناقشته في الفصل الأول.



شكل ٥,٦. حوض نهر المسسيبي.

يشبه النظام البيئي لحوض التجميع نوتات السيمفونية الموسيقية التي تلعب مع بعض لتكوين الموسيقى، أو تركيب أجزاء السيارة مع بعض لصنع سيارة تسير بالطريق، إذا ترك جزء من النوتة الموسيقية أو تغيرت، فلن تحصل على موسيقى إنما ضجيج فقط، إذا فقدت بعض المسامير أو بعض أجزاء من السيارة، فلن يتم تشتغل السيارة، معرفة كيف ولماذا يعمل النظام البيئي يساعد في منع فقد أجزاء رئيسية من النظام البيئي، بدون الأجزاء السليمة أو الملاحظات، فالنظام البيئي لحوض تجميع المياه سيتدهور.

البيئة الفيزيائية الغير حيوية The physical abiotic environment

تشكل ثلاثة عناصر الأساس الفيزيائي لحوض تجميع المياه: المناخ، الجيومورفولوجيا، والعمليات الهيدرولوجية.

المناخ Climate

الفرق بين المناخ والطقس هو الزمن (الزمن ذات الصلة). تحديد المناخ يتطلب البيانات التي يتم قياسها على مدى فترة ممتدة، بما في ذلك متوسط درجة الحرارة والظروف القصوى في درجة الحرارة، والرطوبة، والتساقط (مع النوع والكمية)، والرياح، والسحب، أما الطقس فهو الظروف الحالية، ماذا يحدث اليوم؟ درجات الحرارة الحالية وأحداث الأرصاد الجوية تشكل الطقس، وبيانات الطقس على المدى الطويل التي تعطي المعدلات التي بدورها تشكل الأنظمة المناخية، فالمناخ يؤثر بشدة على المجتمعات النباتية في حوض التجميع، وحجم التدفق وتوقيت ودرجة الحرارة في الجداول المائية، وغيرها من الخصائص الرئيسية العديدة من حوض التجميع [٧].

الجيومورفولوجيا Geomorphology

علم الجيومورفولوجيا علم دراسة سطح الأرض الحالية، وهو مجال الدراسة الذي يبحث في المكون الجيولوجي لمنطقة ما وتنميتها، المكونات الجيولوجية هي التضاريس مثل الجبال، والوديان، والسهول، والمنخفضات. تطورت تلك التضاريس من خلال مجموعة أو سلسلة من الأحداث، مثل حركة الصفائح التكتونية، والزلازل، والفيضانات، وثورات البراكين، وتشكيل الجليد وحركتها، والموجات، والتجوية، والتعرية الريحية والمائية، والأنشطة البشرية في الآونة الأخيرة. من الصعب أحيانا أن نرى كيف تعمل هذه العوامل لأن الكثير منها غير موجود حالياً. تكونت معظم التضاريس الموجودة حاليا قبل ١,٦ مليون سنة من خلال الدورات الجليدية في العصر الجليدي وارتفاع درجة حرارة في دورات عصر الهولوسين. آثار هذه الأحداث هي ما نلاحظه اليوم.

تعتمد الجيومورفولوجيا إلى حد كبير على نوع مادة الأصل الجيولوجية الموجودة والتربة المتكونة من مادة الأصل. المواد البركانية، ورواسب الطمي المائية، أو رواسب التعرية الريحية، والرياح المودعة للرواسب، كلها تشكل خصائص مختلفة من خلال عمليات الترسيب، والإزالة، والتجوية (الشكل ٥,٧). التجوية هي تفتيت المواد بالرياح، والتجميد، والمياه، والذوبان، بالاختصار ما يقوم به المناخ من تأثيرات على مر الزمن، يمكن أن يكون مواد هي في الأصل (الجيولوجية) صخور صلبة مثل الجرانيت، أو البازلت، أو صخور سهلة التجوية، مثل التكوينات الرسوبية (انظر الشكل ٥,٨). الترب التي تتكون من تجوية مواد والأصل أن لديها مجموعة واسعة من المعادن تتطورت جزئيا من اختلاف معادن مادة الأصل.

كسر وتشقق صخور مادة الأصل، جنبا إلى جنب مع خصائص نقل المياه للتربة الموجودة. تحدد حركة المياه من خلال الجزء الارضي لحوض التجميع سواء فوق وتحت الأرض.

علم الهيدرواالجيومورفولوجي

يهتم علم الهيدرواالجيومورفولوجي بمصدر وتدفق المياه داخل مظاهر الأرض المختلفة، (مصدر مياه حوض التجميع من التساقط)، في صورة مطر أو ثلج، أو أنها يمكن أن تكون من المياه الجوفية، أو المياه السطحية. مصدر المياه هو جزء مهم جدا من كيمياء حوض التجميع، وكذلك هيدرولوجيا حوض التجميع (حركة المياه). تم استخدام أسلوب الهيدرواالجيومورفولوجي لتقييم وتصنيف المظاهر الأرضية لتحديد أنواع التضاريس المحددة، ووظائفها، ومأوى الحيوانات، والأنواع النباتية، وخصائص التربة، والهيدرولوجيا، ويجري تطوير أدوات تقييم الهيدروجيومورفولوجي لتقييم وتصنيف الأراضي الرطبة للمساعدة في جهود تأهيل تلك الأراضي.

العمليات الهيدرولوجية Hydrologic processes

يمكن أن تكون للعمليات الهيدرولوجية قوة كبيرة كموجات الأعاصير، أو الفيضانات، أو خفيفة مثل حركة التعرجات للجداول المائية، قوة المياه غريبة جداً، حيث إنها يمكن أن تخترق الصخور، أو تتحرك بهدوء فوق الصخور.



شكل ٥,٧ اندلاع بركان كليفلند على جزر اليوتين Aleutian Islands، الآسكا بالولايات المتحدة.
(Photographed by Jeff Williams from the international Space Station, May 23, 2006)



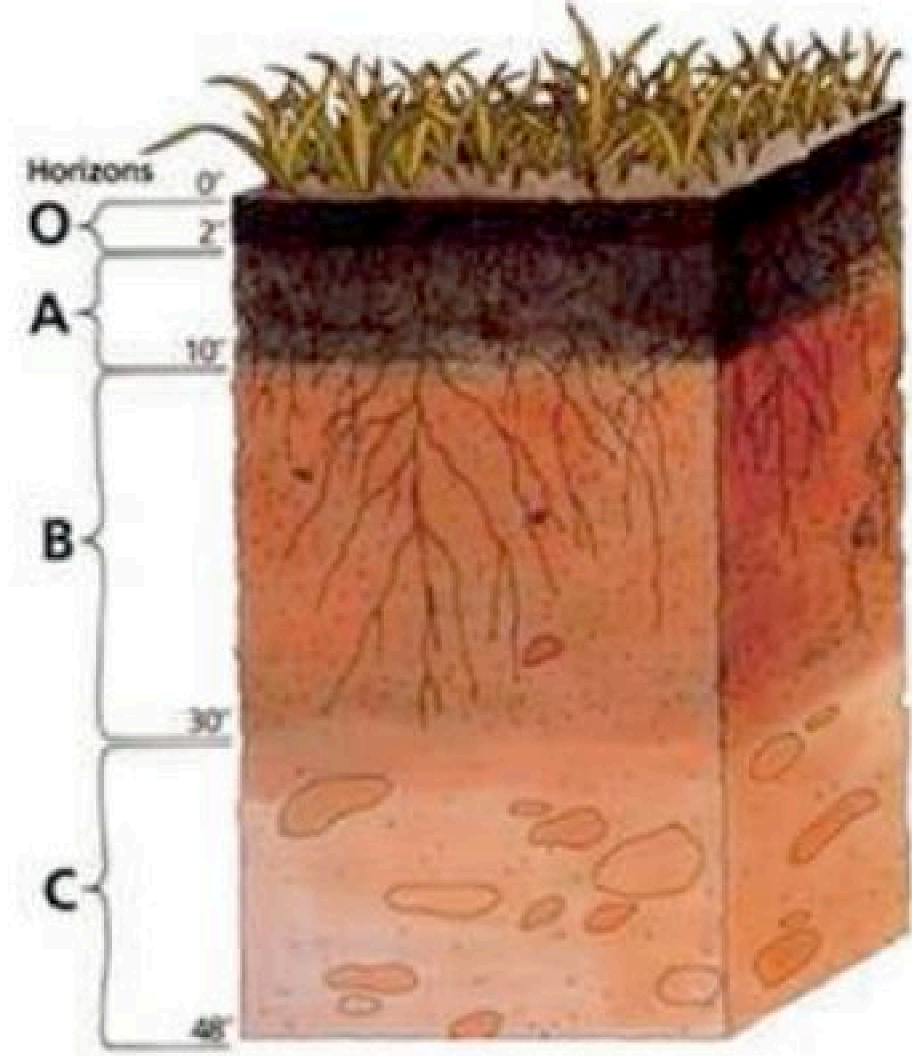
شكل ٥,٨ نهر وادي الثعبان Snake river بالقرب من مدينة توين فولز Twin Falls أيدهو، الولايات المتحدة، يوفر منظراً لطبقات مواد الأصل مختلطة مع الحجر الرملي وفواقد الصخور. تستمر صخور البازلت في النهر بالتعرض للتعرية. يسمى هذا التركيب: Pillar Falls. (Photograph by Karrie Pennington)

وقد تكون إحدى العمليات الهيدرولوجية كارثية في حين أن الأخرى لا تشكل خطراً، ولكن كلتا العمليتين مهمتان في تشكيل حوض التجميع، ولكن ليست بأقل قوة من الشلالات والأنهار المضطربة، مثل تأثير قطرات المطر على الأرض المكشوفة، حيث تفتت قطرات المطر حبيبات التربة وتزيحها بعيداً في القنوات والخنادق، والأنهار وتغير من مظاهر الأرض والنهر.

البيئة البيولوجية (الحيوية) The biological (biotic) environment

الترب Soils

نقطة البداية الحيوية لأي حوض تجميع هي والتربة، التربة هي نظام حياة مليء بالميكروبات والفطريات والحشرات وديدان الأرض، فهي موطن للغوفر، والثعابين، والقوارض من السناجب الأرضية لكلاب البراري وبعيدة كل البعد عن "الأوساخ الخاملة". للترب أشكال بنائية مميزة مستمدة من مادة الأصل التي تكونت منها، المناخ، والكائنات الحية التي تعيش في التربة من عناصر تكوين التربة، الطبقات المميزة من التربة يطلق عليها الآفاق، وتتكون من عمليات الإضافة، والإزالة، والتحول، والنقل لمعادن مختلفة ومكونات التربة العضوية. تصنف آفاق التربة الأساسية إلى الآفاق O، A، B، C (انظر الشكل ٩ , ٥). هناك العديد من أنواع الترب المختلفة – بناءً على حصر الأراضي في الولايات المتحدة هناك أكثر من ٢٠ ألف من سلسلة الترب، عادة ما يحتوي حوض التجميع على أكثر من تربة، أو العديد من الترب اعتماداً على الموقع وكيف تكونت الترب.



شكل ٥,٩ قطاع تربة نموذجي مع آفاق التربة. أعطيت الأعماق بالبوصة. البوصة = ٢,٥٤ سم.

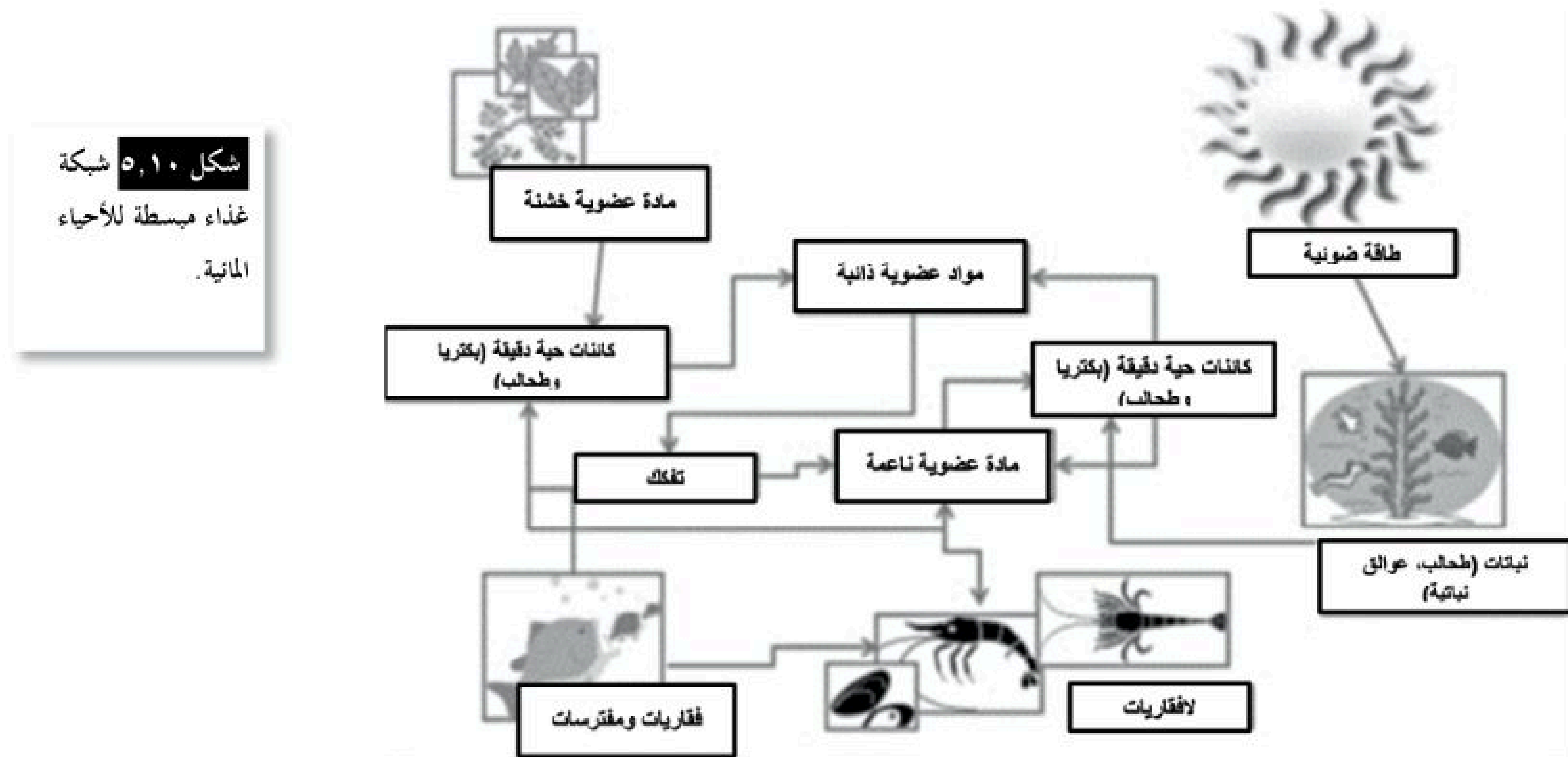
قد تكون الترب معدنية، أو عضوية، فالترب المعدنية تصل نسبة المعدن فيها إلى ٤٥ ٪، و٥ ٪ مادة عضوية، و٥٠ ٪ مسام، التي يمكن شغلها بالماء، أو الهواء، المواد المعدنية هي مزيج من الرمل، والطمي، والطين، والنسب المئوية من الرمل، والطمي، والطين تشكل قوام التربة. تستخدم مصطلحات قوام التربة واللون والبناء ترتيب جزيئات التربة في وحدات أكبر (تسمى peds)، لتحديد نوع التربة. فهم ترب سيوفر حوض التجميع قدراً كبيراً من المعلومات اللازمة لإدارته، على سبيل المثال، Histosols وهو ترتيب التربة أعلى مستوى من التنظيم في تصنيف التربة، هذا النوع من الترب العضوية، ويكون بصفة أساسية من المواد العضوية في مراحل مختلفة من التحلل، وذلك من أوراق الشجر والأغصان والدبال غير المحدد. ترب Histosols خفيفة وهشة مقارنة بالترب المعدنية الأكثر صلابة. يمكنك أن تشعر بالتربة العضوية وأنت تمشي عليها، حيث توفر الإحساس بالمشي على الأسفنج. تشكلت ترب Histosols على مدى فترات طويلة في المياه التي لا يوجد بها إلا القليل من الأكسجين أو لا يوجد، وعند تصريف الأكسجين تحلل بسرعة الكائنات الحية الدقيقة الهوائية المواد العضوية، مما يتسبب في انكماش التربة في بعض الأحيان بصورة سريعة. من المهم التعرف على خصائص ترب Histosol قبل بناء المنازل، والطرق، أو أي بنية أخرى علييها.

شبكات الغذاء Food web

توازن الطاقة هو مفهوم أساسي في النظم البيئية، وتعتمد مقدار الطاقة الشمسية التي يتلقاها حوض التجميع في موقعه على الأرض وعلى وجه التحديد خط العرض، الذي يحدد البعد عن الشمس وطول اليوم، في

نصف الكرة الشمالي. المنحدرات الجنوبية تحصل على المزيد من ضوء الشمس عن المنحدرات الشمالية (العكس هو الصحيح في نصف الكرة الجنوبي). مصدر الطاقة في النظام البيئي لحوض التجمع من الشمس، ويقوم النبات بتحويلها إلى غذاء. تنظم أنماط التغذية تدفق الطاقة إلى من خلال، وخارج حوض التجميع ومنه، وعاليه، وتوفر الطاقة للكائنات الحية التي تعيش هناك، وهذه الأنماط هي الشبكات الغذائية.

يوضح الشكل ٥,١٠ الشبكات الغذائية المائية المبسطة. إن إضافة المكونات الأرضية المبسطة تجعل النظام أكثر تفصيلا وتعقيدا، يمكنك أن تتخيل ظهور جميع الروابط في الشبكة الغذائية في حوض التجميع التي ستكون معقدة للغاية. درس علماء البيئة هذه الشبكات بعناية لوصف مصادر الحياة والطاقة بدقة في نظام بيئي معين.



شكل ٥,١٠ شبكة غذاء مبسطة للأحياء المائية.

هناك العديد من الأنواع الحيوانية والنباتية في الشبكة الغذائية لأي نظام بيئي. الأنواع الحياتية تصبح مهمة جدا عندما يكون لديها تأثير أكبر على النظام البيئي بأكمله. من ما توحيه اعدادها في النظام، مرحلة تطور الأنواع الحياتية، وظروف حوض التجميع، مثل الجفاف مقابل الفيضانات، قد تحدد ما إذا كانت الأنواع الحياتية من الأنواع ذات التأثير الكبير على النظام البيئي أم لا. يمكن أن يكون فرس النهر من الأنواع المؤثرة؛ لأنها من الأنواع الأرضية والمائية، وتقضي على النباتات متعمقة الجذور وتنشأ منطقة طينية، وهذا يغير من طبيعة الأرض

حولها، خلال موسم الأمطار، يمكن أن تكون الحيونات البالغة من فرس النهر من الأنواع المؤثرة، فرس النهر البالغ لديه تأثير فعلي أكبر من فرس النهر الصغير على النظام البيئي.

من المفاهيم المهمة في الشبكات الغذائية هو النوع أو الدليل، فوجود أو عدم وجود الأنواع التي تعتبر مؤشرات تدل على التغير البيئي. ربما كنت تقوم بالصيد في بركة معينة لسنوات، والصيد المعتاد يشمل نوع سمك "باس". لاحظت أن الماء في البركة أصبح موحلاً جداً بعد التنمية الحضرية وبناء المساكن في المنطقة، وانجراف التربة إلى مياه البركة، وبالتالي تعذر صيد السمك، في هذا الموقع. قد تكون الأنواع "باس" هي المؤشر، هذا النوع من الأسماك يصطاد طعامه عن طريق البصر، ولكن إذا كان الماء موحلاً جداً، فإنها لن تتمكن من الرؤية لالتقاط الغذاء، ويمكن أن تموت. غياب تلك الأنواع مؤشر على التغير البيئي في هذه الحالة، التعرية الزائدة، كثيرا ما ينظر العلماء لنوع معين أن يكون طبيعيا في مكانه المحدد (مكان، أو وظيفة داخل النظام البيئي). وإذا لم يوجد، فإنهم يحاولون معرفة السبب، هذه هي طريقة واحدة لمعرفة ما حدث من أخطاء في النظام البيئي، وما هو مطلوب لاستعادته.

البيئة المائية The aquatic environment

البحيرات وتطوير علم المياه العذبة Lakes and the development of limnology

تماما كما تختلف أحواض التجميع في المساحة، من الآلاف من الكيلومترات المربعة إلى بعض الهكتارات فقط، كذلك تختلف المسطحات المائية من البرك الصغيرة إلى البحيرات أو الأنهار الضخمة – كل مسطح مائي هو جزء من النظام البيئي ولكل منها حوض تجميع – تسمى دراسة البحيرات الداخلية، والبرك، والجداول المائية، والأنهار، والأراضي الرطبة بعلم المياه العذبة Limnology وهي مشتقة من الكلمة اليونانية limne (البحيرة) وlogos (دراسة). صاغ العالم السويسري فرانسوا الفونس فوريل Fracois Alphons Forel (1841-1912) مصطلح "علم المياه العذبة" في كتابه المكون من ثلاثة مجلدات عن بحيرة جنيف، ١٨٩٢، ١٨٩٥، و١٩٠٩ [٨]. كان فوريل وهو أستاذ في جامعة لوزان، سويسرا، بدأ بحثه عن البحيرة بينما كان يحاضر في علم وظائف الأعضاء والتشريح، ومفاهيم العمل التي قدمها وأساليب الدراسة عن البحيرات لا تزال تستخدم حتى اليوم.

قبل ذلك بسنوات قليلة، في عام ١٨٨٧، كتب ستيفن فوربس ألفريد Stephen Alfred Forbes (1844-1930)، من جامعة إلينوي في أوربانا، مقالاً بعنوان "البحيرة كصورة مصغرة"، استعرض فيها البحيرات كما

تفهمها المجتمعات [٩]. ولقد اقترح بأن الملاحظات الميدانية من نظام معقد، مثل البحيرة، يمكن دراستها لتحديد خصائصها، كالعلاقات بين المفترس والفريسة، وهياكل السلسلة الغذائية، والعلاقات الأخرى.

كان هذا مفهوم جديد ومثير للجدل. سابقاً، كانت تعتبر النظم الحيوية الكبيرة مثل البحيرات معقدة للغاية للوصف بأي شكل من الأشكال بالمفهوم العلمي. لقد استطاع فوربس الجمع بين العلم مع التفكير الإبداعي لصياغة حقل جديد من حقول الدراسة، حيث دمج الملاحظة الميدانية مع المعرفة في الفيزياء، والكيمياء، وعلم الأحياء العلوم الأساسية المناسبة للمساعدة في شرح الملاحظات الميدانية. شجع العالم فوربس العلماء لدراسة البحيرات كأنظمة كيميائية، وبيولوجية، وفيزيائية، والبحث عن آليات لشرح كيفية عمل نظام البحيرة (علم المياه العذبة).

في العمق In depth

ستيفن ألفريد فوربس Stephen Alfred Forbes، ١٨٨٧، "البحيرة وصورة مصغرة"

ملاحظة: لقد اخترنا للمشاركة في أول فقرتين من هذا المقال، كما كتبهما المؤلف، وبالإضافة إلى الفقرة الأخيرة لأنها تعطي صورة واضحة عن دورنا كبشر المستخدمين النهائيين لأحواض التجميع، على الرغم من أن اللغة الإنجليزية هي مختلفة بعض الشيء عن الطريقة التي تكتب اليوم، ومع ذلك فإن المقال الكامل لافت للنظر، والمفاهيم قابلة للتطبيق، والرؤى لا تقدر بثمن [١٠].

تعتبر البحيرة بالنسبة للمهتمين بالطبيعة فصلاً من تاريخ بداية الزمن. لظروف الحياة البدائية وأشكال الحياة، ككل، منخفضة نسبياً كانت أو قديمة، فإن نظام التداخلات العضوية التي تسيطر وتتحكم مع بعضها بعضاً ظلت دون تغيير من الفترة الجيولوجية البعيدة،

وحيوانات المسطح المائي، ككل، معزولة بشكل ملحوظ، وترتبط ارتباطا وثيقا فيما بينها في جميع مصالحها، ولكن مستقلة عن الأرض القريبة من المسطح المائي حتى لو أبيدت فجأة كل الحيوانات الأرضية، فسوف تأخذ بلا شك فترة طويلة قبل أن تشعر حيوانات المسطح المائي بآثار هذا الحدث بأي شكل من الأشكال. يجد المرء في وحدة المسطح المائي توازناً أكثر تكاملا واستقلالا عن الحياة والنشاط العضوي في أي مسطح من الأراضي، وهذا نوع من التنظيم. الحياة الأقدم في منتصف المسطح المائي والاكثر تتطورا في المنطقة المحيطة بها، تشكل عالماً صغيراً داخل المسطح المائي نفسه وتعطي صورة مصغرة داخل المسطح المائي لكل القوى التي تعمل بها ولها دور في استمرار الحياة بالكامل، ولكن على نطاق صغير وذلك لجعله في متناول اليد بسهولة.

هل لهذه الحقائق والأفكار المستمدة من دراسة مسطح مائي صغير أي تطبيق عام على مستوى أعلى؟ لدينا هنا مثال على الفائدة المرجوة من قوانين الحياة المطبقة على ظروف تبدو غير مواتية لإجراء أي تعديل مفيد. في هذه البحيرة، حيث التنافس شرس ومستمر إلى أبعد من ذلك في أسوأ فترات التاريخ البشري؛ حيث تترسخ المنافسة ليس على ما هو موجود من الحياة، فحسب، ولكن دائما على الحياة نفسها؛ حيث الرحمة والإحسان والعطف والشهامة وجميعها فضائل غير معروفة تماما؛ حيث السطو والقتل والاستبداد القاتل والقوة أكثر من الضعف هي القاعدة غير المتغيرة؛ حيث ما نسميه بالذنب دائما هو المنتصر، وما نسميه بالخير فهو القاتل الفوري لمتبنيه، وحتى هنا، وللخروج من هذه الظروف الصعبة، وقد تطورت الأوامر وهو أفضل تصور دون تغيير كلي في الظروف نفسها، وقد تم التوصل إلى التوازن والمحافظة عليه في أن يحقق في الواقع لجميع الأطراف المعنية أعظم الأشياء الجيدة التي تسمح بها الظروف القائمة. في الواقع، فيما يتعلق بكل من الجودة والكمية، مما هو ممكن في حالة عدم وجود هذا الصراع المدمر، هل لا يوجد ذلك، في هذا الوضع، والقاعدة المعتمدة عليها من القوانين المفيدة للطبيعة؟ إذا كان نظام الحياة هو من النوع الذي تم التوصل إليه بالتوازن المتناغم من المصالح المتضاربة حيث كل عنصر معاد أو غير مبال بالآخر.

أصبح علم المياه العذبة معروفاً جيداً بأنه مجال للدراسة في أواخر القرن الثامن عشر في ألمانيا، مع إنشاء أول معهد للمياه العذبة، في الولايات المتحدة، قام كل من إدوارد بيرج Edward Birg وجينس جوداي Chancy Juday بجهود بحثية مماثلة في جامعة ويسكونسن في ماديسون حول عام ١٨٩١ [١١]. أوضح إدوارد بيرج بأن النظم المائية يمكن أن تفهم بصورة أفضل إذا تمت دراسة علوم علم الأحياء، والفيزياء، والكيمياء الخاصة بهذه النظم. قام بيرج باستقطاب العلماء في هذه المجالات، وكذلك علماء في مجال الجيولوجيا، للمساعدة في دمج معارفهم فيما يدرس اليوم من علم المياه العذبة. هناك عدة عوامل تؤثر على علم المياه العذبة اليوم، وتوسيع مجال علم المياه العذبة من تركيزها التقليدي على البحيرات الطبيعية، وهذه العوامل هي ما يلي:

- التركيز على زيادة البحوث المتعلقة بآثار التلوث على الموارد المائية وسبل استعادة وإدارة هذه الموارد.
- زيادة التنوع في التخصصات في علم المياه العذبة.
- زيادة التنوع في أنواع البحيرات المدروسة.
- زيادة التركيز على أنواع أخرى من النظم البيئية المائية الداخلية، مثل الجداول والأراضي الرطبة، والخزانات.

العالم إدوارد بيرج Edward Birg شخص مثير للاهتمام، ولكن إدوارد بيرج، كما تقول الأمهات، رجل عملي (انظر الشكل ٥,١١). وعلق على ذلك زميل دربه في الدراسة والعمل، روبرت بينك Robert Pennak، حول العمل معه في الميدان لتوضيح هذه النقطة، قال بينك ما يلي:

بعد انقلاب السيارة نموذج (أ) التي كنا نستقلها في الطرق الزلقة، كان تعليق بيرج "اللعنة ... بينك. ارجع السيارة على عجلاتها. يجب مواصلة المسح العملي دون توقف!" خرجنا في جميع أنواع الطقس، سقوط الأمطار يوماً ما لا يغير في الأمر شيئاً. على أي حال، إذا كان يوماً عاصفاً، نخرج للعمل أيضاً. استخدمنا القوارب الثقيلة المصنوعة من خشب البلوط القديمة في تلك الأيام، ولم تكن هناك موانع للعمل بأي ظروف، وكانت القوارب ثقيلة، ولكن لم نقلق في أي وقت من انقلاب تلك القوارب، ولو انقلبت القوارب، فأنا متأكد من أننا قد غرقنا، ولم نفكر أبدا في ذلك، وعملت جنبا إلى جنب معه بسعادة [١٢].

شكل ٥,١١ أدورد بيرج **Edward A. Birge**، دكتوراه "عالم بحيرات". لاحظ أن الطوافة القديمة لم توقف البحث العلمي.



التحق روبرت بينك بجامعة كولورادو حيث كان يعمل في دراسات لافقاريات المياه العذبة. كتابه القاموس الجامع لعلم الحيوان هو كتاب مرجعي، وقد طبع لأكثر من ٣٠ مرة. كتابه عن لافقاريات المياه العذبة لا يزال يستخدم بالولايات المتحدة ككتاب مرجعي [١٣]. إنجازات بينك تنافس أقرانه في مجاله، للأسف، وفاته في عام ٢٠٠٤ عن عمر ناهز ٩٢، سجل نهاية للطلاب الذين درسوا على يد كل من إدوارد بيرج وجينسي جوداي.

هناك العديد من الأسباب لتقدير إدوارد بيرج، ولكن أهم هذه الأسباب قدرته على بناء فريق متعدد التخصصات من العلماء للعمل في مجال علم المياه العذبة، ومن أهم إنجازاته كان توظيف شريكه جينسي جوداي وهو عالم أحياء، وكان قادراً على مواصلة البحوث الميدانية والتعليم بينما كان بيرج مشغولاً بالأمور الادارية، كانا مرتبطين مع بعض، ويعتبران من بين الآباء المؤسسين لعلم المياه العذبة.

أدرك بيرج وجوداي بأن أنظمة المياه المدروسة من قبلهما معقدة بحيث لا يمكن دراستها بالقدر الكافي من قبل تخصص واحد، ولقد استخدم بيرج خبرته في جامعة ويسكونسن للبحث عن أعضاء هيئة تدريس في مجال الكمياء، والفيزياء والجيولوجيا، وعلماء الأحياء، والأهم من ذلك، أنه استخدم سمعته لتوظيفهم للعمل كفريق واحد. كان لديهم العديد من الأفكار والأساليب المختلفة، ولكن كانت ناجحة في دراستهم لأنهم لديهم هدف مشترك متمثل في علم المياه العذبة. أنشأ كل من بيرج وجوداي شبكة اتصالات دولية بين العلماء وبرنامجاً تعليمياً قوياً في جامعة ويسكونسن. توفي إدوارد بيرج في عام ١٩٥٠ في سن الـ ٩٨. قد يكون درساً جيداً بالنسبة لنا لاعتبار هؤلاء العلماء، الذين قضوا حياتهم في نشاطات البحث والعمل الميداني ولم يتخلوا أبدا عنه، بل عاشوا حياة طويلة جدا.

الأنهار والجداول Rivers and streams

تدرس البيئات المائية للأنهار والجداول المائية بشكل منفصل عن البحيرات لأن بيئة كل من البحيرات والأنهار مختلفة تماماً. الاختلافات الأكثر أهمية هي تدفق المياه وموقع تثبيت الطاقة (حيث تتم معالجة "الغذاء"). ويطلق على النظم المائية التي تتدفق وتتحرك بـ lotic، في حين تسمى أنظمة المياه الراكدة، مثل البحيرات بـ lentic.

تدفق المياه Water flow

يتدفق النهر في اتجاه (المصب) بسبب تدفق المياه إلى أسفل، ومع ذلك، نادرا ما تكون الطبيعة بهذه البساطة، هناك مناطق للفيضانات الراجعة حيث يمكن أن تسبب مشكلة، مثال على هذا ما يحدث في منطقة دلتا ميسيسيبي (انظر الشكل ٥,١٢). هذ المناطق هي سهول فيضية تشكلت من آلاف السنين من فيضانات نهر المسيسيبي في الغرب، ونظام نهر يازو في الشرق، وينحدر الطمي العميق من الشمال إلى الجنوب، وبحوالي ٠,٢ متر لكل كيلومتر (قدم واحد لكل ميل)، وهي أراض مستوية جداً. مساحة السهول تقدر بـ ١,٦ مليون هكتار (٤ مليون ايكر) من الأراضي المستوية المدهشة. تذكر الأدلة القولية بأنه في حالات الفيضانات قبل تشيد السدود، يستطيع قارب صغير السفر من مدينة غرينفيل في جانب نهر المسيسيبي، لمدينة غرينوود على جانب نهر يازو، على بعد حوالي ١٤٥ كيلومتراً (٩٠ ميلاً). ولا توجد تلال على طول الطريق إنما أراض مستوية، الوضع الجغرافي الشاذ الآخر هو نمط النهر والصرف الزراعي. جميع الأنهار في الدلتا تجري موازية لنهر المسيسيبي الكبير، ضمن السهول الفيضية، وتصب في الميسيسيبي، وهذا ما يسمى بنظام يازو. في الوقت الحالي تمت تم إضافة السدود الضخمة لهذا النظام، حيث شيدت على الجانب الشرقي من الدلتا لمنع كل الفيضانات الداخلية التي تأتي عادة من نهر المسيسيبي، وبالإضافة إلى ذلك، امتدت الحواجز في الطرف الجنوبي من حوض تجميع المياه في حين أن التلال تمتد إلى الحدود الشرقية. يمكنك أن ترى وضع مثيراً للاهتمام يتطور هناك؟



شكل ٥,١٢ صورة لجوجل الفضائية لدلتا نهر المسسيبي. يشكل نهر المسسيبي الحدود الغربية وتلال بيلف الحدود الشرقية.
(Photograph courtesy of Google Earth)

ما هي الفيضانات الراجعة وماذا يشكلها؟ يمكن أن تكون التدفقات في نهر المسيسيبي عالية جدا بحيث إن مياه الفيضانات تعود إلى المنبع في نهر يازو، ثم إلى الأنهار الداخلية الصغيرة مما يؤدي إلى فيضانات في جنوب الدلتا. عادة، ما تنتشر مياه الفيضانات على مساحة واسعة من أراضي النهر المنخفضة، ولكن تعمل السدود على حبس الماء مثل حوض استحمام كبير، حيث يملأ الماء قناة نهر المسيسيبي حتى يجد نقطة منخفضة على نهر يازو يصرف المياه فيها عادة، حالياً، ومع ذلك، تدفق مياه الفيضانات إلى الوراء، بعكس اتجاه تدفق نهر يازو، وبالتالي تحصل الفيضانات الراجعة.

قامت فرقة المهندسين بالجيش الأمريكي بتشييد بوابات (فتحات) في بايو ستيل (الشكل ١٣ , ٥) التي تسمح للماء بالتدفق من دلتا معظم الوقت، ومع ذلك، عندما يتدفق نهر المسيسيبي بشكل عالٍ جداً، تغلق فيه البوابات لمنع الفيضانات الراجعة من الحدوث. تذكر أن الطبيعة لا يمكن أن تهزم بسهولة، حيث لا تزال المنطقة معرضة للفيضانات من الأنهار الداخلية لأنها لم تعد قادرة على تصريف المياه، وتراكم المياه على الأرض، ويسمى أيضا هذا الفيضان بالراجع بسبب رجوع المياه إلى الأنهار مما يسبب فيضانها. يمكن التحكم في معظم المياه لنهر



شكل ٥,١٣ بناء فيلق مهندسي الجيش الأمريكي بوابات **Bayou** الحديدية لحماية الدلتا من رجوع مياه الفيضانات.

(Photograph courtesy of Google Earth)

المسيسيبي، ولكن الفيضانات ما زالت تحدث، هذا الوضع يناسب تعاريف الفيضانات الراجعة – الأول نتيجة التدفق، والثاني نتيجة بناء السدود وتجمع المياه، أو في هذه الحالة وجود البوابة، وهذه مشكلة مثيرة للاهتمام تذكر بالعبارة: "لا تلعبوا مع الطبيعة " والنتيجة الطبيعية لذلك "لا يمكنك الفوز".

ويمكن الاطلاع على الجهود التاريخية الرائعة لاحتواء المد في نهر المسيسيبي في كتاب جون باري John Barry بعنوان: الفيضانات العظمى للميسيسيبي لعام ١٩٢٧ وكيف غيرت امريكا [١٤].

على عكس البحيرات فالأنهار يمكن أن تكون براقة، يمكن أن تكون ذات تغيرات سريعة في التدفق عندما تمطر أو مع ذوبان الثلوج السريعة، على سبيل المثال، نهر ريليتو في توساون، أريزونا، عادة ما يكون جافاً، ومع ذلك، يمكن لعاصفة الأمطار الغزيرة أن تسبب تدفق النهر بصورة كبيرة جدا، حيث يمكنك مشاهدة تطور جريان النهر في غضون دقائق، هذه الظاهرة يمكن أن تحدث في أي منطقة، ولكنه يميل إلى الزيادة مع زيادة التنمية في حوض التجميع في النهر، الزيادة في السطوح غير المنفذة، والطرق ومواقف السيارات، وأسطح المنازل تسبب تحرك المياه بسرعة أكبر إلى النهر مما يؤدي إلى هذا السلوك المدهش في جريان المياه.

وثمة فرق آخر بين البيئات المائية وبين البحيرات والأنهار، وهو أن المياه التي تدخل النهر تعبر على الفور إلى مكان آخر، بينما تتحرك مياه البحيرات ولكنها تبقى في مكان واحد أقل، أو أكثر لفترة من الوقت، من ناحية أخرى، الجداول الجبلية تتدفق هبوطاً في حركة مستمرة، وفي المقابل، نظم الأنهار في المناطق ذات الانحدار القليل جداً أكثر شبهاً لنظام lentic (المياه الراكدة) خلال فترات التدفق المنخفض.

موقع تثبيت الطاقة Location of energy fixation

أشارت مناقشتنا عن البحيرات إلى حقيقة أن معظم الطاقة تنتج من النباتات والعوالق النباتية الحية في البحيرة، بينما توفر أحواض التجميع العناصر الغذائية عن طريق نقل الرواسب، والمنتجين والمستهلكين الأساسيين يعيشون في البيئة نفسها، الكائنات الحية في الأنهار هي في معظمها مستهلكة للطاقة مثل الأسماك. المنتجون الرئيسيون يميلون إلى العيش في قاع النهر (المواد في الجزء السفلي من النهر). هذه الكائنات القاعية، أو اللافقاريات الصغيرة، عادة ما تصلها كميات كبيرة وضارة من الأسمدة من أحواض تجميع المياه الخاصة بالأنهار، وتصبح المشكلة أكثر تعقيدا في حالات التدفق المنخفض؛ لأن الوضع يتطور ويصبح مثل البحيرة داخل النهر، أو جدول

للمياه الساكنة، حيث يقل تأثير تدفق المياه وبالتالي حمل المواد لمنطقة الترسيب. نظام النهر بأكمله يصبح منطقة الترسيب – حيث تبطئ سرعة المياه وتترسب الجزيئات الصغيرة من المعلق على أن تترسب في أسفل النهر.

أنظمة المياه المتحركة (المياه المتدفقة) تخضع لتأثيرات أحواض التجميع الخاصة بها، والغلاف الجوي، والكائنات الحية بما في ذلك البشر، هذه التأثيرات هي نفسها للبحيرات باستثناء التعديلات من قبل تدفق المياه، يمكن للتغيرات الطبيعية من الإنهيارات الطينية والأمطار الغزيرة، والحرائق أن تؤثر سلبا على نظام الأنهار.

الأراضي الرطبة Wetlands

توجد الأراضي الرطبة في مجموعة متنوعة وعجيبة من الأشكال والأحجام والأنواع، يمكن ملاحظتها في مواقع من الشمال المتجمد إلى المناطق المدارية الجنوبية. هناك المستنقعات المنخفضة، والمستنقعات المملوءة ببقايا النباتات، والأهوار للمياه المالحة والعذبة، والأحواض الربيعية، والمنخفضات بالسهول الفيضية، والمواقع المستوية العضوية والمعدنية، والمستنقعات الضحلة، وتندرا الأراضي الرطبة. مصطلح "الأراضي الرطبة" للعديد من الناس مرتبط بالتماسيح والثعابين، والطين، والبعوض، والمياه السوداء، بينما يرى آخرون أن البراري، والحفر، والمستنقعات الضحلة كلها مناطق صغيرة جدا في البلاد ومشكلة جزر صغيرة في تلك المناطق. هناك المستنقعات المنخفضة، والمستنقعات المملوءة ببقايا النباتات، والأراضي الرطبة الغنية بالبقايا العضوية من النباتات في مراحل مختلفة من التحلل. تحتوي الأراضي الأكثر جفافاً على أنواع من الأحواض النهرية من الأراضي الرطبة، ومصبات الأنهار والاهوار بالمناطق الساحلية نابضة بالحياة الحيوانية من السرطانات المتحركة عبر القيعان لتجنب أكلها من قبل طيور مالك الحزين الكبيرة، والتي تأكل الأسماك بجميع أنواعها: وتتكيف أنواع الحياة مع الجليد والفترات الطويلة من الظلام، وعادة ما تكون الأراضي الرطبة بالتندرا بركاً مؤقتة من المياه عند ذوبان الثلوج.

يمكن أن تكون الأراضي الرطبة بمناطق الغابات الصلبة بالأراضي المنخفضة مع أشجار السرو القديمة، والبلوط والشجيرات والكرمات، والزهور، والطحالب النامية عليها. تختلف الأراضي الرطبة الناشئة، ولكن يمكن أن توجد بها أعشاب طويلة، وأعشاب الأحواض، والأرز البري، والنباتات العشبية الأخرى. نباتات البراري بالأراضي الرطبة المحاذية للنهر، أو الجدول المائي تأتي في عدة أصناف اعتماداً على الموقع والمناخ والجيومورفولوجيا، فقد تكون غابة الصفصاف، أو شجيرات القطن البري، أو أنواع البلوط والأعشاب.

غالبا ما تكون الأراضي الرطبة في أحواض التجميع بالمناطق الانتقالية بين المرتفعات والمياه، مثل الأراضي الرطبة النهرية، أو أهوار مصبات الأنهار، قد يبدو أنها مناطق معزولة في المنطقة على سبيل المثال، أخدود البراري، أو حوض المستنقعات المنخفضة، والحقيقة أن الأراضي الرطبة ليست معزولة داخل مناطق حوض تجميع المياه، ولكنها جزء لا يتجزأ منه، للأراضي الرطبة مجموعة متنوعة من الوظائف في حوض تجميع المياه بسبب وجود مجموعة متنوعة من أنواع الأراضي الرطبة في مواقع مختلفة داخل أحواض التجميع العديدة والمختلفة.

يمكن تقسيم وظائف الأراضي الرطبة إلى الوظائف الحيوية، والبيوجيوكيميائية، والفيزيائية، والهيدرولوجية، وفيما يلي قائمة جزئية من وظائف الأراضي الرطبة التي سيتم مناقشتها بشكل أكبر في فصل الأراضي الرطبة:

• توفير مجموعة متنوعة من المآوي للحياة البرية، والتكاثر، والتعشيش، والبحث عن الطعام.
• توفير المواد العضوية والمواد المغذية، ودورة المغذيات، والامتصاص الحيوي.
• المساعدة في الحفاظ على جودة المياه من خلال تصفية الرواسب والملوثات وتقوم بمثابة مخازن طبيعية للجداول المائية، والبحيرات، والأنهار.
• تخفيف مياه الفيضانات وإبطاء معدل تدفق المياه الجارية في الجداول والأنهار.
• تغذية المياه الجوفية من خلال توفير مكان ليأخذ الماء الوقت الكافي للنفاذ من خلال التربة إلى طبقة المياه الجوفية.
• توفير مساحة مفتوحة وذات قيمة جمالية.
• توفير مناطق خاصة للترفيه، ومشاهدة الطيور، والصيد، وصيد الأسماك، والتصوير الفوتوغرافي، والمشي، الخ.
• أن تكون بمثابة مناطق تعليمية وبحثية لدراسة الحياة البرية المتنوعة على نطاق واسع، والنباتات، والحيوانات.
• أن تكون بمثابة حضانات ومناطق تغذية للأسماك الصغيرة وتوفيرالمواد الغذائية.
• حماية السواحل من التعرية المفرطة.

وظيفة حوض التجميع Watershed function

من الأهمية بمكان فهم الوظائف الطبيعية لحوض التجميع من أجل أن نعرف كيف ستؤثر التغييرات على تلك الوظائف، على سبيل المثال، فقدت الأراضي الرطبة الأعلى من مصب نهر المسيسيبي وبالقرب منه من جراء التنمية التي حصلت في منطقة نيو أورليانز. الوظيفتان الرئيسيتان للأراضي الرطبة هما الحفاظ على مياه الفيضان، والحد من مياه العواصف، دون وجود الأراضي الرطبة لإبطاء الفيضانات، فمدينة مثل نيو أورليانز أكثر عرضة للأضرار من العواصف عما كانت عليه في الماضي. التغيرات التي حدثت في حوض التجميع لها عواقب محددة للغاية وبعيدة المدى ظهرت خلال إعصار كاترينا في عام ٢٠٠٥ عندما غمرت مياه الفيضان المدينة.

فكر في الآتي Think about it

نما عدد قليل من المناطق الحضرية الكبيرة من خلال التخطيط الدقيق، حيث نمت بوجود الصناعة والناس اليوم، يجب أن نكون في موقف دفاعي للتعامل مع ما بنيناه، المعرفة هي المفتاح لفهم إذا كانت مقترحات المدينة، والولاية، أو الحكومة الاتحادية هي منطقية وقابلة للتطبيق. المعرفة هي ما تحتاج إلى معرفته قبل التصويت واتخاذ قرارات حكيمة بشأن القضايا التي تؤثر على المياه والبيئة.

اطلعنا على مكونات أحواض التجميع، والآن، سنقوم بربطها معا لمناقشة مفهوم وظيفة حوض التجميع، الوظائف الثلاث الرئيسية لأحواض التجميع هي كما يلي:

١. نقل وتخزين المياه، والمواد الغذائية، والطاقة.
٢. التدوير والتحول للمواد الغذائية والطاقة.
٣. توفير فرصة للتغيير البيئي: التعاقب.

النقل والتخزين Movement and storage

عملية النقل والتخزين في حوض التجميع لها خمسة مكونات التي يمكن أن تحدث بشكل فردي، أو في وقت واحد. تنتقل المواد من خلال حوض التجميع في أشكال مختلفة التي تؤثر على توافرها للاستخدام، على سبيل المثال، عنصر الفوسفور في الصورة المعدنية متوفر بكميات وفيرة، ولكن ليس في صورة يمكن للنباتات استخدامه، وبالتالي، فهو غير متاح، الإتاحة هي المكون الأهم للحركة وهي جزء رئيسي من دورة المواد الغذائية،

قبل أن تتحرك المواد بحرية، يجب أن تكون منفصلة عن أي شيء يربطها في مكانها، تسقط الأوراق من الأشجار، أو تصبح منفصلة، قبل أن تتحرك في الماء. الانفصال هو المكون الثاني في الأهمية، والنقل هو المكون الثالث، ويشير إلى الحركة الفعلية للمواد، بغض النظر عن صورتها، والترسيب هو المكون الرابع، حيث توقف الحركة، (المواد الذائبة لا تترسب، وربما تكون متاحة لأشكال الحياة المائية). والمكون الأخير هو الاندماج في الكائن الحي، وعادة ما تكون النباتات واللافقاريات الصغيرة، أي الكائن الذي يستفيد منه بطريقة أو بأخرى.

الماء هو المحرك الأساسي للنقل لذلك ندرس مسار المياه في حوض التجميع، مع الأخذ في الاعتبار بأن الدورة المائية غطيت في الفصل الثالث. يمكن اعتراض الأمطار من قبل النباتات، حيث تبطئ النباتات حركة الأمطار إلى أسفل، أو استخدامها. عند استخدام مياه الأمطار تصبح جزءاً من التبخر وبالتالي فهذا الجزء مفقود. المياه التي تصل إلى التربة سوف تتسرب إلى الأسفل حتى تصبح التربة مشبعة، بعد تشبع التربة يتراكم الماء فوق سطح التربة ومن ثم يتحرك كجريان سطحي، مما يجعل للمياه مساراً ينشأ من الجريان عن طريق تطوير القنوات المألوفة التي تؤدي في النهاية إلى الجداول والأنهار، والبحيرات، والمحيطات. أما نقل الرواسب، فهي وظيفة حوض التجميع الرئيسية، ولا يمكن فصلها عن نقل المياه، بحكم تعريفها، فهي الرواسب الغرينية (تنقل بالمياه)، أو المواد المعراة من التربة بواسطة الرياح (تنقل بالرياح). تضيف الرواسب المواد المغذية ومواد التربة إلى حوض التجميع، وتصبح الإضافة مشكلة عندما يزيد معدل التراكم الناتج من التعرية المتسارعة، وعندما تصل إلى مسطح مائي وتدخل معها الكثير من الأسمدة.

التدوير والتحول Cycling and transformation

التدوير وتحويل المواد وظيفتان ميكروبيتان إلى حد كبير للحركة والتخزين. الكائنات الدقيقة هي جزء من كل نظام بيئي. توجد الكائنات الدقيقة وعلى البشر والحيوانات الأخرى، وفي التربة، وفي الماء، وعلى النباتات وفي كل مكان تقريبا، فهي محركات صغيرة للغاية تنتج، وتتوسط، وتحول جميع أنواع المادة والطاقة من خلال التفاعلات الكيميائية. في معظم الأحيان تفاعلات الأكسدة والاختزال، ومناقشات تدوير المغذيات عادة ما تشمل النيتروجين والكربون والفوسفور لما له من أهمية لجودة المياه، وخصوبة التربة ونوعيتها، فالتدوير يشير إلى النقل، والامتصاص، والتحولات، أو التفاعلات الكيميائية، والفقد، وزيادة العنصر المدروس، ويشمل كل ما يحدث للعنصر في البيئة الموجود بها، ويتم تبادل هذه المواد الغذائية بين الأرض والمياه والكائنات الحية في دورة مفتوحة.

الكربون عادة ما يكون جزءاً من شبكات الغذاء، وجزء مهم من التدوير والتحول. تستند الحياة على الأرض إلى الكربون والنيتروجين والأكسجين. ينقل الكربون والطاقة من أشكال النباتات إلى الحيوانات، أو يتحلل من قبل الكائنات الحية الدقيقة. تستخدم فقط حوالي ١٪ من الطاقة الشمسية التي تصل إلى النباتات في إنتاج الغذاء، وحوالي ١٠٪ فقط من تلك الطاقة الغذائية تنقل بين المستويات الغذائية (المختلفة) في الشبكة الغذائية. إنه ليس بالنظام الفعَّال، تحلل النباتات والحيوانات ينشئ المخلفات العضوية التي يتم تحللها أكثر بواسطة الكائنات الدقيقة إلى أشكال من الغذاء قابلة للاستخدام.

يشمل تدوير النيتروجين العديد من التحولات تبعاً لصور النتروجين ووجود الكائنات الحية الدقيقة. صور النيتروجين المتاحة للنباتات النترات (NO_3) والأمونيوم ($^+NH_4$). يمكن أن تمتص هذه الصور الأيونية من قبل جذور النباتات، النيتروجين في الغلاف الجوي على صورة غاز (N_2)، الذي لا يمكن امتصاصه من قبل النباتات. يمكن تثبيت النتروجين من قبل الكائنات الحية الدقيقة وتسمى الريزوبيم Rhizobium، التي تعيش في عقد على جذور النباتات البقولية، مثل فول الصويا والبرسيم. لا يمكن لريزوبيا الكائنات الدقيقة من تثبيت النيتروجين دون وجود النبات. النباتات والأحياء الدقيقة لهما علاقة تكافلية، أي تلك التي تعود بالنفع لكليهما. النترتة Nitrification هي عملية تحويل الأمونيا (NH_3)، إلى النتريت ($^-NO_2$) ثم إلى نترات (($^-NO_3$. كل هذه التفاعلات تفاعلات هوائية (تتطلب وجود الأكسجين). عملية عكس النترتة Denitrification أو إزالة النتروجين هي عملية لا هوائية (لا تتطلب الأكسجين) لتحويل النترات والنتريت إلى غاز النيتروجين، حيث يمكن أن يفقد مرة أخرى إلى الغلاف الجوي، صور النيتروجين العضوي، وصور النيتروجين العضوي الذائب، التي تأتي من تحلل النباتات والحيوانات. صور النتروجين لا متمص بسهولة من حبيبات التربة، وتعتبر متحركة لأنها تتحرك بالماء.

يختلف الفسفور كثيرا عن النيتروجين، من حيث التدوير والتحول، لأنه يرتبط بسهولة مع العديد من العناصر الموجودة في التربة، ولا ينتقل مع المياه (غير متحرك). الفوســـفور المتاح للنباتات على صورة الأيون (PO_4^{-3}). هذه الصورة من الفوسفور مرتبطة أيضا بسهولة مع المواد العضوية في التربة، والكالسيوم والمنغنيز والحديد والألومنيوم. الفوسفور غير العضوي المذاب يوجد في الماء بكميات صغيرة. معظم الفوسفور في النظم المائية متعلقة على الرواسب والمواد العضوية، أو هو جزء من العوالق النباتية والطحالب والفطريات والكائنات الدقيقة أو غيرها.

لكل من النيتروجين والفوسفور عناصر محددة في النظم المائية (للمراجعة انظر الفصل الرابع). يكون النظام متوازناً لكل من النيتروجين (N) والفوسفور (P)، وعادة ما تكون النسبة بين N: P هي ١: ١٥، وإذا كانت النسبة أقل من ذلك، فالمحدد النيتروجين، وإذا أكثر من ذلك، فالفوسفور هو العنصر المحدد. نظم المياه العذبة في كثير من الأحيان بها نقص بالفوسفور لأنه أقل توفراً من النيتروجين، بينما غالبا تكون نظم المحيطات ناقصة في النيتروجين، ولهذا السبب يمكن تضررها من مدخلات كبيرة من مياه الصرف الصحي.

التغيرات البيئية والتعاقب Ecological change and succession

التعاقب البيئي هو عملية ديناميكية، ينظر علماء البيئة اليوم من المراحل المتعاقبة ضمن حوض التجميع لتكون طبيعية. يختلف الغطاء النباتي مع موقع التضاريس، والارتفاع، والنطاق المكاني. النباتات والطاقة هي عوامل رئيسية في وظيفة حوض التجميع. توفر النباتات المختلفة مجموعة متنوعة من المأوى للحياة البرية، ويمكن أن تعزز التنوع الحيوي في مجال الحيوان، وكذلك البيئة النباتية.

كمية المياه Water quantity

تتأثر إلى حد كبير وظائف أحواض التجميع بكمية المياه، ويتفاوت حجم المياه في حوض التجميع من بركة صغيرة، أو مكون من الأراضي الرطبة، التي تغطي بضع مئات من الأمتار المربعة (ياردة)، إلى نظام كبير مثل حوض تجميع نهر المسيسيبي، الذي يمتد من كندا إلى خليج المكسيك. تتغير مستويات المياه الجوفية في كثير من الأحيان، وتختلف تدفقات الأنهار إلى حد كبير، وتؤثر كل من الفيضانات، والجفاف، والمناخ، والأنشطة البشرية على كمية المياه في الأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة، أو طبقة المياه الجوفية.

على سبيل المثال، خفضت بشكل كبير القيام ببناء السدود، والري، والاستخدامات البلدية والصناعية على طول نهر ميسوري، وروافده، ونهر بلات في شمال وسط الولايات المتحدة، التدفقات على طول الحدود بين ولايتي نبراسكا وايوا في السنوات ال ١٥٠ الماضية. في عام ١٨٠٤، علّق ميريويذر لويس Meriwether Lewis وكلارك وليام Clark William خلال رحلتهما للاستكشاف بالآتي على التدفقات عند التقاء نهري ميسوري وبلات، إلى الجنوب مباشرة في الوقت الحاضر من مدينة أوماها، نبراسكا ومدينة كونسل بلفز، ولاية أيوا:

كتب لويس وصفاً من خمسمائة كلمة لنهر بلات يجري النهر بعرض ميل واحد وعمق بوصة، ممتلئ بالحيوانات والحياة النباتية. ما أعجب لويس الكمية الهائلة من الرمل في نهر بلات التي تفرغ في ولاية ميسوري. قاس سرعة التيار، ، كما كان يفعل دائما: في ميسوري أسفل سانت لويس فإن سرعة السفينة عند أربعة أميال في الساعة، وفي ولاية ميسوري من خمسة ونصف إلى سبعة أميال في الساعة، وهذا يتوقف على نهر بلات فقد تصل سرعة السفينة إلى ما يقل عن ثمانية أميال في الساعة، على افتراض أنه لن تجنح في كل منعطف أو رمل [١٥].

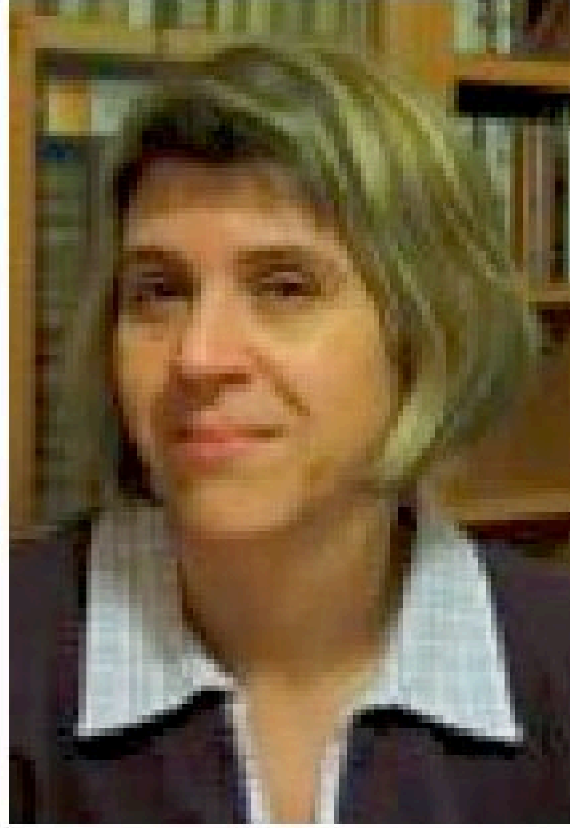
ما يقرب من ٢٠٠ عام بعد ذلك، استعاد الكاتب والمؤرخ وليام ليست هيتمون William Least Heatmoon مسار لويس وكلارك، ووصف المشهد بشكل مختلف على طول نهر ميسوري بالقرب من الموقع نفسه [١٦]:

كونسل بلفز، ولاية أيوا الآن أسفل وبعيدة، ولا يمكن أن تشاهد لكثرة الأشجار، والأراضي المحروثة في المناطق المنخفضة قربت من المياه حتى قضت على الهامش الأخضر لتعريض حافة النهر للترب البنية الهشة التي تتطلب اليوم أميالاً من الحجر للصمود في وجه التيارات المائية. قد نكون في قناة واسعة ... الانطباع زاد من العلامات الخشبية القديمة التي تعطي المسافة المقطوعة إلى نهر المسيسيبي، والمسافة تقدر بأكثر من خمسين ميلاً فهي أكبر من المسافة في هذه الأيام، والفرق جاء من القنوات لنهر ميسوري حيث الاستغناء عن التعرجات، والنهر الأقصر، بطبيعة الحال، هو نهر أقل وفرة.

دعونا ننظر بإيجاز للمياه الجوفية، فالطبقات الحاملة للمياه الجوفية لا تتبع بالضرورة حدود حوض التجميع. طبقات المياه الجوفية العميقة، مثل أوجالالا Ogallala في السهول المرتفعة في الولايات المتحدة، أو طبقة المياه الجوفية غواراني في أمريكا الجنوبية، تقع عموما تحت أحواض تجميع عديدة ولا تتبع سمات سطح معين، على سبيل المثال، طبقة المياه الجوفية أوجالالا تقع تحت أجزاء من ثماني ولايات، وطبقة المياه الجوفية غواراني Guarani تقع تحت أربعة بلدان هي: البرازيل والأرجنتين وأوروغواي، وباراغواي، من ناحية أخرى، فالطبقات الرسوبية الحاملة للمياه تقع تحت او تجاور العديد من الأنهار والجداول. روافد الطبقات الحاملة للمياه تتبع مسار الأنهار والجداول؛ لأن التساقط هو مصدر المياه، وأُستثنِيَ من ذلك المياه المنقولة بشكل اصطناعي من قبل البشر من أحواض التجميع الأخرى.

مقالة بقلم الدكتورة ميلادا ماتوسكوفا Milada Matouskova

تخرجت مليدا متواسكوفا (الشكل ٥,١٤) من جامعة تشارلز في براغ، جمهورية التشيك، بشهادة البكالوريوس في الجغرافيا وعلم الأحياء عام(١٩٩٥) وأكملت أطروحة الدكتوراه بعنوان "الرصد البيئي الهيدرولوجي للجداول المائية كأساس لإعادة تأهيل الأنهار" في الجامعة نفسها في عام ٢٠٠٣. والتحقت بقسم الجغرافيا والجغرافية البيئية في جامعة تشارلز في عام ١٩٩٧ بعد دراستها الخارجية بقسم الجغرافيا في جامعة يوهانس غوتنبرغ في ماينز، ألمانيا، وهي تدرس مقررات متخصصة في استعادة النظم البيئية للمياه، والإدارة، وحماية النظم البيئية للمياه، وندوة حول الهيدرولوجيا. شاركت في المشاريع البحثية بما في ذلك الهيدرومورفولوجية، وتقييم حالة مأوى النهر، وتأثير الإنسان على شبكة النهر، والحماية من الفيضانات، وجودة المياه العذبة والرواسب النهرية، واستعادة النظم البيئية للمياه العذبة. حصلت الدكتورة ماتوسكوفا على جائزة كلية العلوم لنتائجها الممتازة في إدارة البحوث والأنشطة التربوية في عام ٢٠٠٦، وشاركت في تنظيم الندوات وحلقات العمل الدولية ضمن برنامج إيراسموس، الذي يعزز مستوى دراسة الطالب في البلدان الأجنبية لزيادة خبرتهم العالمية والمعرفة.



شكل ٥,١٤ ميلادا ماتوسكوفا
Matouskova Miliada

مثال على استعادة النظام البيئي المائي وتأثيره على الحماية من الفيضانات في جمهورية التشيك An example of water ecosystem restoration and its influence on flood protection in the Czech Republic

يمكن النظر إلى العلاقة بين استعادة النهر والحماية من الفيضانات على مستويين، من جهة، هناك الأثر المحتمل لتدابير الاستعادة على تراجع وتباطؤ تصريف المياه خلال الفيضانات، من ناحية أخرى، يمكن أن تكون الفيضانات بمثابة عامل فعَّال في استعادة طبيعة المنطقة.

جدول ٥,١. أضرار الفيضانات على الأنهار الأوربية الرئيسية.

النهر	السنة	الفقد الكلي من المجتمع (مليون دولار)	فواقد التأمين الكلية (مليون دولار)
الراسن	١٩٩٣	٢٠٠٠	٨٠٠
البو	١٩٩٤	٩٣٠٠	٣٠٠
الراين	١٩٩٥	٢٠٠٠	٧٨٠
الأودر	١٩٩٧	٥٢٧٥	٧٨٥
الألب	٢٠٠٢	١٨٥٠٠	٣٠٠٠

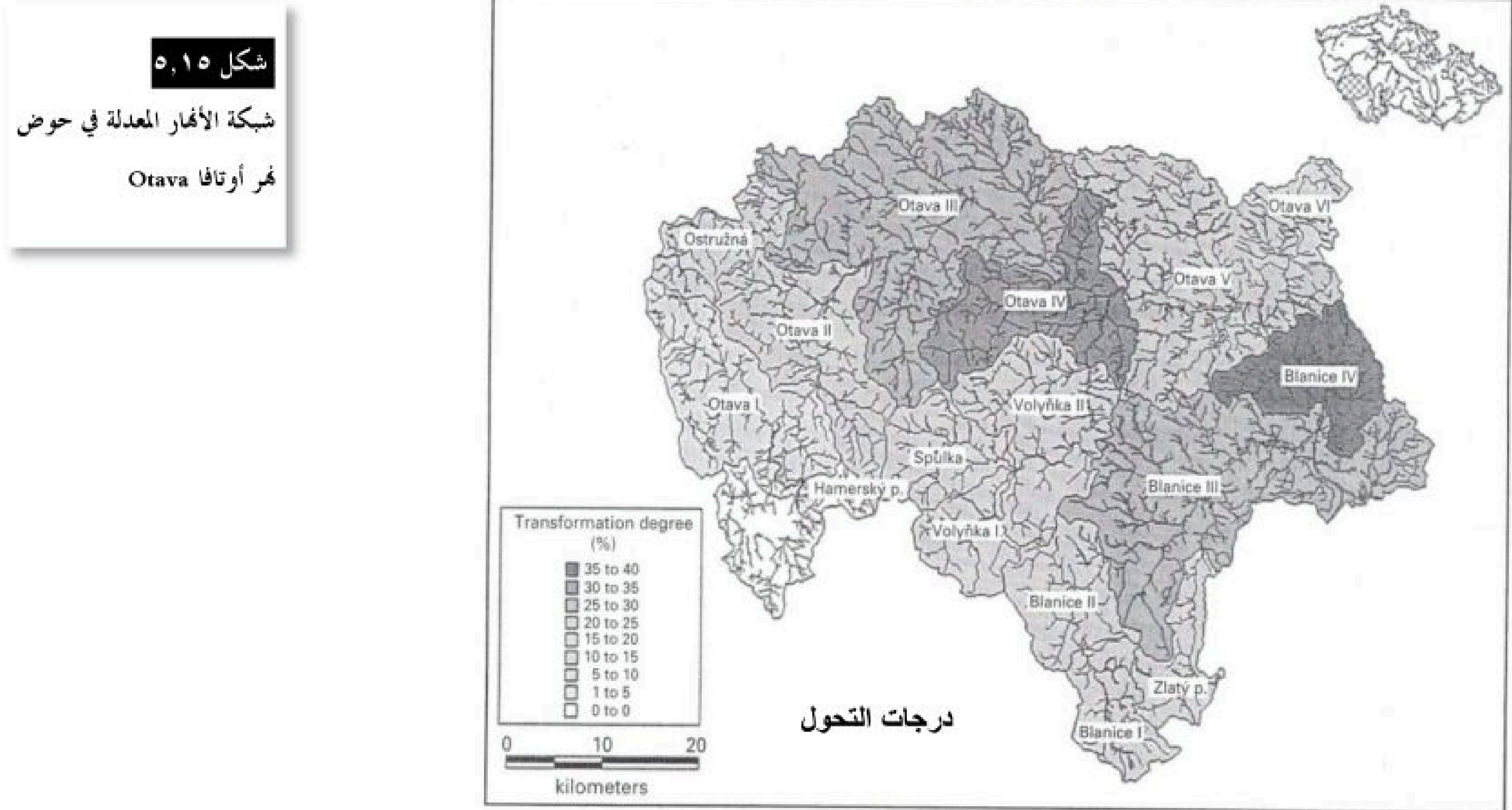
الحصول على النظام المائي الأمثل في المنطقة هدف رئيسي مهم، والأولوية هي لاستعادة القدرة على المحافظة على المياه بالمنطقة الطبيعية، وذلك ما يتوافق مع أهداف الحماية من الفيضانات. حوادث الفيضانات في أوروبا في عامي ١٩٩٣و عام ١٩٩٥ في حوض نهر الراين، وفي عام ١٩٩٤ في حوض نهر بو، وفي عام ١٩٩٧ في حوض نهر أودر، وفي عام ٢٠٠٢ في حوض نهر إلبه أحدثت تغييراً في فهم الحماية من الفيضانات (انظر الجدول ١,٥). إلى جانب الأساليب التقنية التقليدية، يجري تطبيق الحلول الهيدرولوجية البيئية القريبة من الطبيعة، وخاصة الاهتمام الموجه إلى الحد من تدفق الفيضانات الغزيرة. يجري دعم إستراتيجية عامة لتوفير المساحة اللازمة للأنهار، ولاينبغي أن يكون هناك أي مزيد من النمو في المناطق الحضرية في السهول الفيضية [١٧]. في الوقت نفسه، ومع ذلك، فمن الضروري تغيير نهج الناس لأخطار الفيضانات لأن الفيضانات ستستمر وستظل دائما موجودة.

"إستراتيجية الحماية من الفيضانات في جمهورية التشيك"اعتمدت من حكومة جمهورية التشيك في عام ٢٠٠٠ وهي تركز على ضرورة النهج المشترك، وذلك باستخدام التدابير التقنية وغير التقنية لزيادة حماية الأشخاص والممتلكات من آثار حالات الفيضانات. تتحدث الإستراتيجية بوضوح على أنه بصرف النظر عن تدابير التقنية التقليدية للوقاية من الفيضانات، فهناك تدابير أخرى متوافرة، مثل فيضان المياه في المناطق التي يكون فيها ذلك ممكن، فمن الممكن الحصول على التمويل المالي لمثل هذه التدابير للاستعادة والحماية من الفيضانات من أموال الاتحاد الأوروبي لتحسين المنطقة ولدعم التنوع الحيوي للطبيعة، واستقرار النظم البيئية، والمحافظة على المياه في المنطقة الطبيعية.

نوقشت على نطاق واسع مسألة القدرة على المحافظة على المناظر الطبيعية في الجمهورية التشيكية بعد الفيضانات في عام ١٩٩٧ و٢٠٠٢. السهول الفيضية تمثل المناطق الطبيعية، و"الرخيصة" والفعالة والدائمة للاحتفاظ بالمياه. إذا كان هناك إمكانية لفيضان، فالسهول الفيضية يمكنها أن تقلل تصريف المياه في الاجزاء السفلية من النهر وتساعد على إبطاء مسار موجات الفيضانات، ومع ذلك، فإن الهدف الرئيسي للتدابير الاستعادة ليس فقط للحد من التصريف خلال الفيضانات، وأهميتها الأساسية هي زيادة على المدى الطويل في القدرة على المحافظة على المناظر الطبيعية بالمنطقة، أي خلال جميع أنواع حالات الماء.

من حيث الاحتفاظ بالماء، فالبناء وخواص الأراضي المستخدمة مهمة أيضاً، شهدت جمهورية التشيك تغييرات أساسية في بنية مناظرها الطبيعية بعد الحرب العالمية الثانية، وخاصة بين أعوام ١٩٦٠ و١٩٨٠.

خلال هذه السنوات في ظل النظام الشيوعي منحت المخططات الفردية للأرض في مساحات واسعة من الأراضي (٥٠-٢٠٠ هكتار) من دون أي معرفة لخصائص التضاريس. تمت إزالة الروافد والعشب على طول الأنهار، انخفضت مساحة المروج الطبيعية بشكل ملحوظ في مناطق السهول الفيضية، وترتبط هذه التدابير مع الصرف الكبير في الأراضي الزراعية والتعديلات على الأنهار، ولا سيما الصغار منها. في الأراضي الزراعية، في جمهورية التشيك، مقدار الشبكة النهرية المعدلة التي قام بها البشر، في المتوسط، أقل من ٣٠ ٪، في حالة الأنهار الأصغر التي تمر عبر الأراضي الزراعية، هذا الرقم يصل إلى ما يقرب من ٤٠ في المائة (انظر الشكل ١٥, ٥). مما لا شك فيه هذه التدخلات أثرت على نظام الجريان السطحي والحد من قدرة الاحتفاظ بالمياه على الأرض، كما هو مبين، على سبيل المثال، من خلال تحليل اتجاهات جريان مياه الأمطار في المناطق الجبلية من سومافا (بلاك فورست). تتألف الحماية من الفيضانات في النصف الثاني من القرن العشرين أساسا من تنفيذ التدابير التقنية مثل بناء خزانات المياه وسدود الحماية في المدن والقرى، مما يزيد من حجم المياه عبر الأنهار، وتعزيز أطراف ومجاري الأنهار.



شكل ٥,١٥
شبكة الأنهار المعدلة في حوض نهر أوتافا Otava

في نهاية القرن العشرين، تغير النهج البشري للأنظمة البيئية المائية بشكل أساسي، مع التركيز على حماية واستعادة مآوي النهر الطبيعية. أساليب الاستعادة التطبيقية تركز على إنشاء مجاري الأنهار "شبه طبيعية" وتجديد الأحزمة النباتية على الشاطئ، وتؤدي تعديلات الاستعادة هذه على مجاري الأنهار عادة إلى الحد من قدرتها

على التصريف، أي عكس ما يحدث مع تقنية الحماية من الفيضانات، ومع ذلك، عند حساب الفواقد الناجمة عن الفيضانات، بالقرب من مجاري الأنهار الطبيعية، غالبا ما يحصل ضرر أصغر مقارنة بالتغيرات التي تحدث من قبل التدخل البشري. في حالة مجاري الأنهار الطبيعية الضحلة، فالماء يفيض من مجرى النهر خلال الفيضانات. يتم توزيع الطاقة من تدفق المياه إلى مجرى النهر والمنطقة المحاذية، في حالة الأنهار المقومة والمعززة عن طريق التدخل البشري، فإن مجرى النهر هو المسار الرئيسي حيث يتركز التدفق. عدلت مجاري الأنهار في المناطق الحضرية في الحجم فقط لتأخذ عدد n من سنوات فترة عودة الفيضانات، وعادة ما تكون فترة العودة بين ٥٠–١٠٠ سنة، وهو ما يعني أن ضفاف النهر المعززة عادة ما تكون غير قادر على تحمل الفيضانات الكارثية.

الشرط الأساسي لنجاح الاستعادة الكاملة هو إمداد النظم المائية بمساحات الأراضي الكافية، عملياً هذه النقطة هي واحدة من أكبر المشاكل، ليست فقط في المناطق الحضرية، التي تفتقر عموما للمساحة الفضاء. هذا مجرد واحد من العديد من الأسباب عن لماذا طرق الاستفادة مختلفة في المناطق الحضرية عن المناطق غير الحضرية، ولا حتى أجزاء من الأنهار التي تمر عبر المناطق الحضرية يمكن استبعادها تماما من الاستعادة لأنه يجب أن ينظر إلى النهر ككائن مستمر من المنبع إلى مصب النهر، ولذلك، فمن المستحسن استعادة جزئية في مثل هذه الحالات.

حوادث الفيضانات المذكورة أعلاه في الجمهورية التشيكية توضح أنه من غير الممكن الاعتماد على التدابير التقنية فقط لأن الكثير منها غير قادرة على تحمل أكثر من ١٠٠ سنة فترة عودة للفيضانات، بطبيعة الحال، تدابير الحماية من الفيضانات غير الفنية التي نفذت في المناطق غير الحضرية لا تستطيع حماية المناطق المبنية بالسهول الفيضية من الفيضانات، لكنها يمكن أن تقلل من الحاجة إلى تغييرات فنية لمجاري الأنهار في المناطق الحضرية، عامل إبطاء الجريان وما يسمى الجريان سريع مهم أيضا لأنه يمكن أن يحمي وحدة حضرية تقع على مناطق الملتقيات، ولذلك من المناسب أن نبحث عما يسمى مناطق للتعويض عن مناطق الاحتفاظ حيث يمكن حفظ المياه لفترة معينة، ويمكن تطبيق أساسيات السيطرة على الفيضانات.

تضم التدابير الهيدروتقنية التقليدية المتبعة للحماية من الفيضانات أراضي مستصلحة التي يمكن أن تغرق أثناء الفيضانات، من وجهة نظر بيئية، فإنه من المستحسن إيجاد أراضٍ نصف جافة متعددة الوظائف التي يمكن ان تحتفظ على كمية صغيرة نسبيا من المياه في فترة الجفاف لمدة عام كامل التي تمتلئ لسعتها الكاملة أثناء تدفق الفيضانات.

إنشاء قنوات الفيضانات الالتفافية هو خيار آخر لزيادة قدرة الاحتفاظ بالمياه بتلك المناطق، التي تعمل أيضا كحماية من الفيضانات للمدن والقرى، خلال تصريف الفيضان، يمكن استخدام القنوات الالتفافية لنقل كمية معينة من المياه بعيدا عن المناطق الحضرية. من وجهة نظر بيئية، فإنه من المفيد الإبقاء على كمية صغيرة من المياه في القناة الالتفافية على مدار العام كله، وثمة بديل آخر عن القنوات الالتفاتية هو استعادة روافد النهر القديمة.

مما لا شك فيه تم تحسين القدرة على الاحتفاظ بالمياه من خلال تصريف الفيضانات في السهول الفيضية، والتي يمكن أن تكون إما للرقابة أو عفوية، بنيت السدود بعيدا عن النهر، وبعيدا عن قنوات التصريف والفيضانات، والخنادق التي تنبئ عادة للسيطرة على الفيضان. يمكن استخدام المسافة بين السدود على نطاق واسع لإدارة المروج وغابات السهول الفيضية، والمناطق الرياضية والترفيه. يمكن استخدام الفائض العفوي من المياه الجارية في المناطق غير الحضرية مع النباتات المناسبة.

تعتبر الأبحاث التي أجريت على أحواض الأنهار النموذجية، التي تم أُعيد تأهيلها والمتضررة من الفيضانات في وقت لاحق، حيوية، ويمكن لحوض نهر بروفا بروك بالقرب من مدينة تشيسكي كروملوف في جنوب بوهيميا أن يكون بمثابة مثال على ذلك. تمت استعادة بروفا بروك على مرحلتين، في ١٩٩٧-١٩٩٨ و٢٠٠٠. كان الهدف الرئيسي من الاستعادة لتغيير طابع مجرى النهر من مجرى النهر محسن إلى مجرى شبه طبيعي. تم إنشاء مجرى تدفق ضحل جديد يسمح للمياه الفائضة للتصريف على المروج المحيطة. في النهاية ضربت عاصفة قوية بقدرة ١٠٠ سنة فترة عودة حوض مياه بروفا بروك في أغسطس ٢٠٠١. سجلت خسائر طفيفة من الفيضان على حوض بروفا بروك؛ لأن الماء الفائض تصرف إلى مناطق الفيضانات، على محيط عرضه ٢٠ مترا، مما قلل كل من سرعة التدفق والقدرة على التعرية المائية. تم خفض التصريف بما يقرب من ٢٠ ٪، مما حد من الخسائر المحتملة من الفيضانات.

ومع ذلك، يمكن للفيضانات أن تعمل بمثابة عامل للاستعادة الفعالة، وقد تبين ذلك بوضوح في جمهورية التشيك بسبب الفيضانات في عام ٢٠٠٢ (انظر الشكل ١٦ ,٥). بفضل العمليات النهرية المورفولوجية الطبيعية، حدثت تغييرات كبيرة، ولا سيما في أجزاء من مجاري الأنهار المعدلة، التي يمكن أن تكون، إلى حد ما، جزءاً من عمليات الاستعادة. يمكن أن يمثل ضفاف نهر فلتافا في براغ بمثابة مثال على ذلك، الفيضان في عام ٢٠٠٢ فكك بالكامل تحصين التنظيم القديم المصنوع من الحجر والبلاط، الذي بني لقطر القوارب من ضفاف

النهر الذي لم يعد يفي بوظيفته. هناك قطاع واسع السهول الفيضية تزداد فيها الرواسب على أطراف ضفاف النهر المعدلة، ولذا، كان من المناسب إزالة التحصينات غير المفيدة تقنيا لضفاف النهر لاستعادة الوضع الأصلي شبه الطبيعي، وهذا بالفعل ما تم من قبل الفيضان، ومع ذلك ولأسباب غير معروفة قرر ممثلو إدارة الأنهار بعد فيضانات عام ٢٠٠٢ استعادة التحصينات الأصلية لضفاف النهر [١٨].



شكل ٥,١٦. الطوفان الكارثي على نهر فلتافا **Vltava** في براغ في عام ٢٠٠٢. تسبب بأضرار بالغة على منطقتين ذواتي ضغط منخفض. جلبت مناطق الضغط المنخفض الأمطار الغزيرة إلى أراضي الجمهورية التشيكية، وكان هناك ٥ مليارات متر مكعب من مياه الأمطار في حوض نهر فلتافا وحده في ٨ أيام، فقدت حياة ١٧ شخصاً من جراء الفيضانات في جمهورية التشيك، وإجلاء ٢٢٥ ألف شخص، وتأثرت ٧٥٣ من المدن والقرى ووصل قيمة الضرر إلى أكثر من ٧٣ مليار دولار تشيكي.

(Photograph by X. Kender)

قدم حوض نهر برانا مثالاً مشابهاً لأداء الفيضانات كعامل للاستعادة. ينابيع النهر في جبال ريجليبيسكي في الجزء الشمالي الشرقي من جمهورية التشيك. تعرضت أحواض الأنهار الجبلية التقليدية للفيضانات في عام ١٩٩٧. خلال فيضانات يوليو، فاضت المياه على ضفاف مجرى النهر المعدلة (تقويمها وتعزيزها) إلى المروج القريبة قرب قرية أوسترزونا. بلغ عرض المياه الفائضة بين ١٠ ، و٣٠ مترا، وسببت الفيضانات في عام ١٩٩٧ بتغيير مفاجئ في مجرى النهر، كما تم حجب التعديلات "القديمة" لمجرى النهر من الرواسب الحصوية. تشكل

تدريجياً مجرى نهر جديد يبعد مترين إلى ١٠ امتار من المجرى القديم المعدل (انظر الاشكال ١٧ , ٥ و١٨ , ٥). مجرى السيل الجديد لديه صفة طبيعية في هذا الجزء من النهر.

تشهد جمهورية التشيك تغييراً جوهرياً في إستراتيجية الحماية من الفيضانات، إلى جانب التدابير الممارسة، والطرق غير التقنية، التي تركز بشكل رئيسي على إعادة قدرة المناطق الطبيعية على حفظ المياه. كل هذه الأساليب دعمت بقوة، القدرة على الإبقاء هذا الهدف اليتوافق مع الأهداف الرئيسية لاستعادة النظم البيئية المائية. على الرغم من أن الربط بين الحماية من الفيضانات والاستعادة منطقي على الصعيد النظري، فإنه لا يتم تطبيقه بصفة دائمة. واحدة من أكبر المشاكل هو أن المساحة التي يمكن إرجاعها إلى الأنهار محدودة، فمن الضروري إيجاد حل وسط بين الحلول التقنية والقريبة من الطبيعية. يمكن أن تساعد تدابير الاستعادة الفعَّالة على الحد من موجات الفيضانات الشديدة. تعتبر استعادة الخصائص المورفولوجية النهرية الطبيعية لمجاري الأنهار في المناطق غير الحضرية جنبا إلى جنب مع وسائل الحماية من الفيضانات، أو السيطرة العفوية من الفيضانات على السهول الفيضية باعتبارها الحل الأمثل [١٩]. ومع ذلك، لا ينبغي استبعاد الاستعادة الشاملة لأحواض الأنهار.



شكل ٥,١٧ نهر برانا **Branna**: اللأصل حيث قاع النهر مغلق.



شكل ٥،١٨. نهر برانا **Branna** قاع النهر المشكلة حديثا، من خلال الفيضان لعام ١٩٩٧ (أخذت الصورة من قبل ميلادا ماتوسكوفا في خريف عام ٢٠٠٥م). ضرب فيضان عام ١٩٩٧ الجزء الشرقي من جمهورية التشيك، وخاصة أحواض ضفاف نهري مورافا **Morava** وأودرا **Odra** حيث سقطت ما مجموعه ٢،٥ مليار متر مكعب من الأمطار. تسبب الأمطار الغزيرة في المناطق الجبلية انهيارات أرضية وتعرية، وتغيرات في قيعان الأنهار. المناطق المستوية من جهة أخرى تتضرر بالفيضانات. أثر الفيضان على ٥٣٨ بلدة وقرية وموت ٦٠ شخصاً ووصلت تكلفة أضراره إلى ما قيمته ٦٢بليون دولار شيكي.

حوض التجميع بالمنطقة Your watershed

حوض التجميع هو نظام ديناميكي، يعمل رهنا للتغيير المستمر على أساس يومي، فيزيائيا وكيميائيا وبيئيا، تشترك حركة المياه والجاذبية لتفتيت وتعرية سمات الأراضي، وأحيانا ببطء شديد وغير مرئي للعين المجردة، ومع ذلك، يمكن أيضا أن تحدث تغييراً في السرعة الكارثية للفيضانات، أو الزوابع والأعاصير.

"التغير في حوض التجميع" وهو من برامج الجهود الناجحة التي تدعمها وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA؛ على المستوى الإقليمي، والولايات، والمستوي المحلي لاستعادة، أو حماية أحواض تجميع المياه، والأنهار، والبحيرات، والأراضي الرطبة، أو مصبات الأنهار. إدارة الموارد الطبيعية تساعد على حماية واستعادة مميزات قيمة لحوض التجميع. يمكن أن تشمل أنشطة التعديل في حوض التجميع العمل التطوعي لرصد نوعية المياه، وتسجيل العواصف في المصارف، وتنظيم أنشطة التنظيف، وزراعة الأشجار على طول ضفاف الأنهار، واستضافة مهرجانات المياه للأطفال. يمكن للاطلاع على مزيد من المعلومات حول كيفية الحصول على المشاركة في الأنشطة الخاصة بأحواض التجميع المحلية بالموقع www.epa.gov/adopt.

أحواض التجميع عرضة للتدخل البشري، ويمكن أن تسبب التغيرات في استخدام الأراضي، وحصد الأخشاب، وتحويل المياه من الأنهار، وبناء السدود، وغيرها من الأنشطة البشرية لتغيير جذري كبير في كمية ونوعية الموارد المائية في الحوض، بالإضافة إلى ذلك، فالأسماك والحياة البرية الأخرى قد تضرر بشدة من مثل

هذه التغييرات، يمكن الرجوع للموقع " تعرف على حوض التجميع بمنطقتك" التابع لوكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA من خلال الموقع الإلكتروني http://cfpup.epa.gov/surf/locate/ index.cfm. للعثور على موقع وحدود المياه الخاصة بمنطقة الحوض التي تسكن بها في الولايات المتحدة، هل منطقتك تعاني من النمو السكاني السريع، وقضايا حصاد الأخشاب أو التعدين؟ وزيادة تحويل المياه؟ ماذا عن قضايا جودة المياه؟ من المهم أن تكون على بينة من تحديات موارد المياه في حوض التجميع بمنطقة سكنك.

ملخص الفصل Summary points

- حوض التجميع (حوض تجميع المياه، أو أحواض الحصاد) هي الأرض التي تصرف المياه إلى مسطح مائي (جدول مائي، نهر، بركة، بحيرة، أو المحيط).
- يتم تحديد خصائص أحواض التجميع من خواصها الجيومورفولوجية، والمناخ، والعمليات الهيدرولوجية جنباً إلى جنب مع استخدام الأراضي من قبل البشر، فحوض التجميع هو نظام بيئي، وجميع مكوناته تعمل معاً لتحديد وظائفه.
- هيكلياً، أحواض التجميع هي ببساطة المرتفعات والأراضي المنخفضة، ونوع المسطح المائي يختلف من مكان إلى اخر.
- يعتبر حوض نهر الأمازون وحوض نهر المسيسيبي من أكبر أحواض التجميع في العالم، واستخدام الأراضي في كل منهما يختلف حاليا مما أدى إلى اختلاف خصائص جودة المياه.
- تعتمد جودة المياه في المسطحات المائية المستقبلة للمياه من أحواض التجميع على ما يحصل في حوض التجميع من أنشطة طبيعية وبشرية، وكذلك ما يحدث في المسطح المائي نفسه.
- الحياة في حوض التجميع تبدأ من تربته التي تعيش فيها الكائنات الدقيقة، والديدان، والحشرات، والفطريات، والثدييات.
- تتكون التربة من خلال تفاعلات المناخ، ومادة الأصل، والكائنات. والتضاريس أو التضاريس مع الزمن للترب بناء مميز من طبقات أفقية تؤثر على خواص التربة، واستخدام التربة.
- علم المياه العذبة هو دراسة المسطحات المائية الداخلية والبحيرات والأنهار في المقام الأول.
- الاختلافات الرئيسية بين البحيرات والأنهار هي حركة الماء ومصادر الغذاء، فمياه البحيرات ساكنة غير متدفقة، والأنهار متحركة ومتدفقة. تستلم البحيرات المياه من حوض التجميع، ولكن تنتج الكثير من الغذاء داخل البحيرة. الأنهار تحصل على معظم غذائها من حوض التجميع.

• الأراضي الرطبة هي السمات الانتقالية بين المرتفعات والمياه في العديد من المناطق، فهي الأرض التي تتشبع طويلا بما فيه الكفاية خلال موسم النمو إلى إيجاد مظاهر الاختزال في التربة بالظروف الرطبة، ودعم النباتات المحبة للماء.
• تقوم الأراضي الرطبة بأشياء كثيرة (وظائف الأراضي الرطبة)، بعضها تشمل التخفيف من آثار مياه الفيضان، وتدوير المغذيات والتحول، ومأوى الحياة البرية، والحفاظ على جودة المياه، وتجديد المياه الجوفية، وتوفير فرص الترفيهية.
• في النهاية، مدى نجاح وظائف أحواض تجميع المياه يحدد صحة النظام البيئي، تعتمد وظيفة حوض التجميع إلى حد كبير على استخدام الأراضي، يجب أن يكون التخطيط للحفاظ على وظائف حوض التجميع جزءاً من أي تطور فيه.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١. تم تعيينك لتصميم وحدة حيوان مغلقة لإيواء ١٠٠٠ بقرة كحد أقصى، الأرض موجودة ضمن حوض تجميع من نهر متوسط الحجم يتدفق على مدار السنة، ما هي بعض الآثار المحتملة للوحدة الحيوانية المغلقة؟ ما هي بعض الخصائص لحوض التجميع التي يجب عليك اخذها في الاعتبار لتقليل التأثيرات البيئية الناتجة عن التصميم الخاص بك؟ ماذا يمكن أن تدرج من الممارسات التي بنيت خطتك عليها لحماية جودة المياه؟

أ. تلوث المياه الجوفية، وتلوث المياه السطحية، وتدهور التدفق في الجداول المائية، الخ.

ب. حجم حوض التجميع، وميل الأرض، وعمق المياه الجوفية، وأنواع التربة، والمسافة إلى النهر، إلخ.

ج. الممارسات الادارية، وتشمل وجود خطة لإدارة النفايات، واحتواء النفايات في حفر مبطنة، والتخلص من النفايات إلى الحقول المجاورة بمعدلات تحددها إدارة الخطة. تحليل التربة والمياه (السطحية والجوفية) يمكّن من تحديد درجة التلوث والسماح بزيادة الادارة.

٢. ما هي خصائص التربة الأكثر أهمية في تحديد النشاط الحيوي؟

أ. القوام والبناء اللذان يحددان مساحة المأوى، وكمية وسهولة تحرك المياه والهواء (المسامية والنفاذية والتسرب)، وتوافر مصادر الغذاء (الطين يحمل من الأيونات أكثر من الرمال والسلت)، والمادة العضوية التي تؤثر أيضا على المسامية والبناء، والحرث، والمواد الغذائية. لاحظ أن خصائص التربة لا تعطي آثاراً مستقلة. تؤثر العديد من الخصائص بصورة مشتركة (ص ١٤٧-١٤٨).

٣. كيف يمكن للأراضي الرطبة الصحية أن تؤثر على الفيضانات في حوض التجميع؟

أ. الأراضي الرطبة تخفف من مياه الفيضانات وتبطيء معدل حركة المياه التي تصل الجداول والأنهار، تغذية المياه الجوفية من خلال توفير مكان للمياه ليمكث قبل أن يتسرب من خلال التربة إلى الطبقة الحاملة للمياه (ص ١٥٦-١٥٨).

٤. تعتمد صحة النظام البيئي اعتماداً كبيراً على صحة حوض التجميع، اشرح ذلك.

أ. الجواب حسب نظرة الطالب، ولكن ينبغي أن نشير إلى النقاط الرئيسية لفهم حقيقة أن جميع المياه الجارية في حوض التجميع تنتهي بالمسطح المائي. مكونات مياه الجريان السطحي هي (الرواسب والأسمدة والزيوت وغيرها)، وكيف أنها تغير جودة المياه، وتحافظ على صحة حوض التجميع بالاستخدامات المختلفة للأراضي مع الممارسات الإدارية، أفضل الممارسات الإدارية (على سبيل المثال، في المناطق الحضرية، والغابة، والمناطق الزراعية).

لمزيد من القراءة

Ambrose, Stephen E., 1996, Undaunted Courage, New York: Simon and Schuster.

Barry, John M., 1998, Rising Tide: The Great Mississippi Flood of 1927 and How It Changed America, New York: Touchstone.

Brady, Nyle C. and Ray R. Weil, 2002, The Nature and Properties of Soils, 13th edn, Upper Saddle River, N. J.: Pearson Education.

Croker, R. A., 2001, Stephen Forbes and the Rise of American Ecology, Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Forbes, S. A., 1887, "The lake as a microcosm," Bull. Sci. Assoc., Peoria, Illinois, 77–87; repr. in Illinois Nat. Hist. Survey Bulletin 15, 537–550.

Muir, John, 1911, My First Summer in the Sierra, September 2007 http://www.yosemite.ca.us/john_muir_writings/my_first_summer_ in_the_sierra/index.html

Pielou, E. C., 1998, Fresh Water, Chicago, Ill.: University of Chicago Press.

References المراجع

[1] John Muir, 1911, My First Summer in the Sierra, http://www.yosemite.ca.us/john_muir_writings/my_first_summer_in_the_ sierra/index.html, September 2007

[2] Robert F. Brinkman and Chris O'Neill, 2000, The Military Engineer, no. 605, May–June

[3] Brinkman and O'Neill

[4] Richard B. Langley, 2006, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, http://gge.unb.ca/ Resources/HowDoesGPSWork.html

[5] National Aeronautics and Space Administration (NASA), Visible Earth, May 2007, http://visibleearth.nasa.gov/

[6] Nyle C. Brady and Ray R. Weil, 2002, The Nature and Properties of Soils, 13th edn, Upper Saddle River, N. J.: Pearson Education

[7] US Environmental Protection Agency (USEPA), "Watershed ecology," http://www.epa.gov/watertrain/ecology/ecology4.html, September 2007

[8] Franc¸ois Alphonse Forel, 1892, 1895, 1904, Lac Ge´ne`ve, vols. 1–3, Lausanne, Switzerland: University of Lausanne; see also Committee on Inland Aquatic Ecosystems, National Research Council, 1996, Freshwater Ecosystems: Revitalizing Educational Programs in Limnology, Washington, D.C.: National Academies Press

[9] S. A. Forbes, 1887, "The lake as a microcosm," Bull. Sci. Assoc. Peoria, Illinois, 77–87; repr. 1925 in Illinois Nat. Hist. Survey Bulletin 15, 537–550

[10] Charles H. Smith, Early Classics in Biogeography, Distribution, and Diversity Studies: 1951–1975, http://www.wku.edu/_smithch/biogeog/ FORB1887.htm, September 2007

[11] University of Wisconsin, "Stephen Alfred Forbes"

[12] Annamarie L. Beckel (ed.), 1987, "Breaking new waters: a century of limnology at the University of Wisconsin," Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts, and Letters, Special Issue

[13] Robert Pennak, 1986, Collegiate Dictionary of Zoology,Malabar, Fla.: Krieger; 1953, Freshwater Invertebrates of the United States, New York: Ronald Press.

[14] John M. Barry, 1998, Rising Tide: The Great Mississippi Flood of 1927 and How It Changed America, New York: Touchstone

[15] Stephen E. Ambrose, 1996, Undaunted Courage, New York: Simon and Schuster, p 150

[16] William Least Heat-Moon, 1999, River Horse, Boston, Mass.: Houghton Mifflin, p 243

[17] P. H. Nienhuis and R. S. E. W. Leuven, 2001, "River restoration and flood protection: controversy or synergism?" Hydrobiologia, 444, 85–89

[18] X. Kender et al., 2004

[19] D. Hulse and G. Stan, 2004, "Integrating resilience into floodplain restoration," Urban Ecosystems, 7, 295–314

الفصل السادس

المياه الجوفية

Groundwater

إذا كنا نعيش في الصحراء وحياتنا تعتمد على إمدادات المياه التي تخرج من أنبوب الفولاذ، فإننا حتما نشاهد الأنبوب والحديث عن ذلك بتفهم، لن يحتاج أي مواطن لأن يعطي محاضرة عن واجبه تجاه المياه والرعاية للمساعدة في التحفيز لو تعرضنا للخطر. قد يطور معلمو التربية المدنية في المجتمع الشعور بالمسؤولية العامة، وليس فقط من خلال وصف البدايات البعيدة من الكومنولث، ولكن أيضا كيف بنيت الأنبوبة، كم من الوقت ستستمر، ومدى أهمية تناول المياه من الانبوب إذا كان سقوط الأمطار على الجبال التي تغطيها الغابات القريبة تتغير في الموسم أو في الكمية. سيكون الشخص الأكثر خيالا، أو شخصاً غير سوي، من لا يستطيع أن يرى العلاقة الحيوية بين الجبال والغابات، والأنبوب والشخص نفسه، أيزياء بومان Isaiah Bowman، جغرافي أمريكي (١٨٧٨-١٩٥٠)[١]

الخطوط العريضة للفصل	Chapter outline

- مقدمة
- البيئة الفيزيائية
- تداخل المياه السطحية والجوفية
- تداخلات إمدادات المياه
- الكيمياء والبيئة المائية

المقدمة

Introduction

المياه الجوفية تمثل أحد الأوجه الرائعة وغير المألوفة من الموارد المائية، إننا نميل إلى التفكير في المياه الجوفية كمورد منفصل، غير مرتبط بالمياه السطحية، لأننا لا نستطيع أن نراه ومن الصعب قياسه، كلما تعلمنا أكثر عن استخدام المياه، المياه السطحية والجوفية، فإننا ندرك أكثر أن كليهما مرتبط في كثير من الأحيان بالتداخل مع الأراضي الرطبة، والجداول المائية، والبحيرات، والأنهار، المياه السطحية والجوفية مرتبطة، كما أن جميع المياه على الأرض مرتبطة، من خلال الدورة المائية.

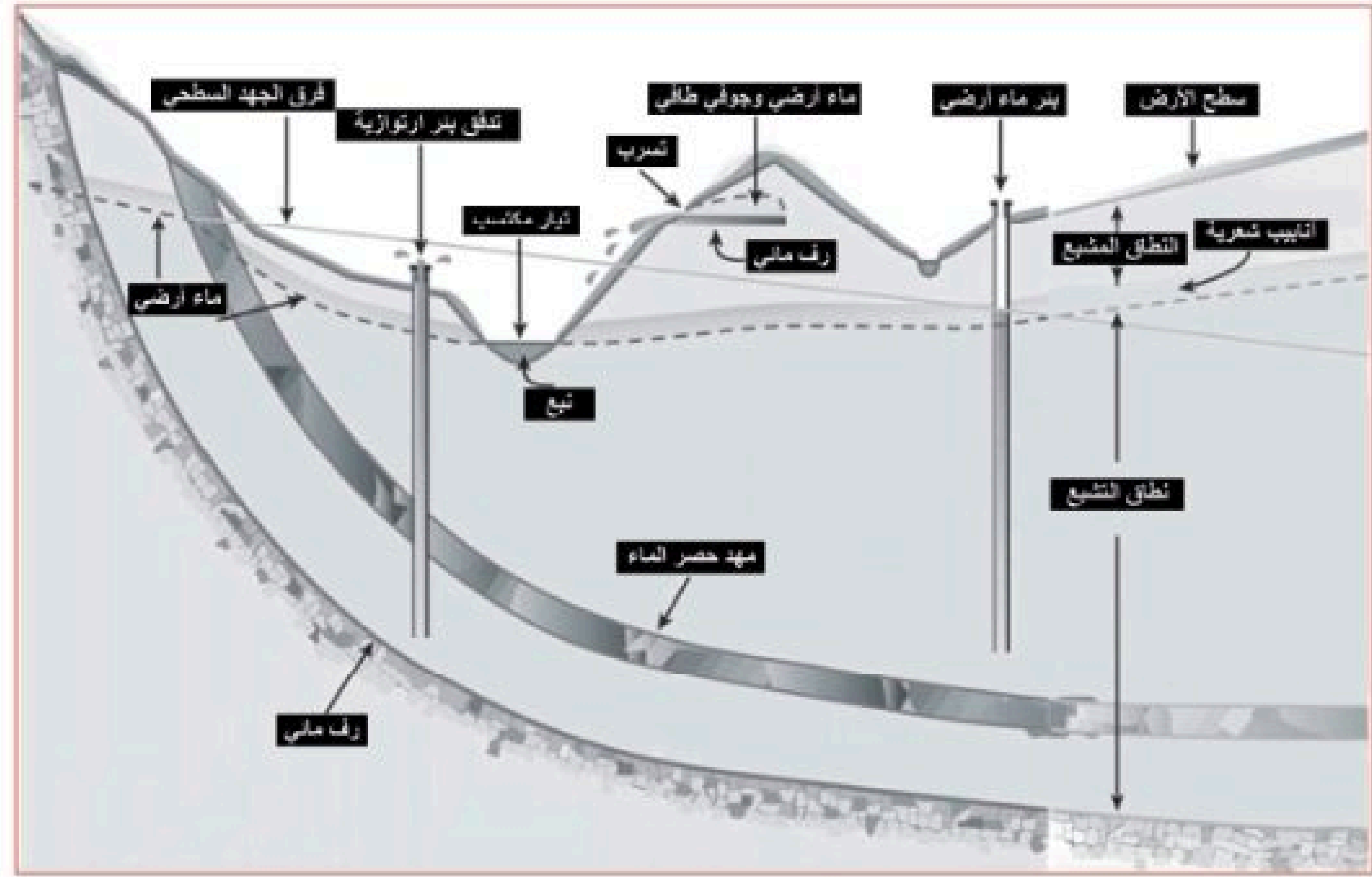
تمثل المياه الجوفية نحو ٣٠ ٪ من موارد المياه العذبة في العالم التي توجد في بعض الأحيان على أعماق ضحلة في وديان الأنهار، ولكن في مواقع أخرى على بعد مئات الأمتار تحت سطح الأرض. يتحول التساقط إلى مياه جوفية بمجموعة متنوعة من الطرق من خلال التسرب على سطح الأرض، وعبر قاع الجداول المائية، والأراضي الرطبة، والبرك، والبحيرات، والخزانات، ومن خلال تداخل المياه المالحة بالمناطق الساحلية في بعض دول العالم. يمكن أن ترجع المياه الجوفية إلى سطح الأرض بصورة طبيعة تحت تأثير قوى الجاذبية، أو من خلال ضخ من الآبار للاستخدام البشري. لا يقل عن ١,٥ مليار شخص في جميع أنحاء العالم يعتمدون على المياه الجوفية كمصدر وحيد لمياه الشرب [٢]. في كندا، توفر المياه الجوفية أكثر من ٣٠ ٪ من المياه العذبة المحلية المستخدمة من قبل جميع سكانها، على جزيرة الأمير إدوارد بشرق كندا، تصل النسبة إلى ١٠٠ في المئة، في ألمانيا، ثلثي السكان يعتمدوا على المياه الجوفية، بينما في الولايات المتحدة نحو ٤٢ ٪ من جميع مياه الري تأتي من المياه الجوفية [٣]. للأسف، كثير من البلدان، بما فيها الصين، والهند، والمكسيك، ونيوزيلندا، وباكستان، ومعظم دول الشرق الأوسط، والولايات المتحدة، وشمال أفريقيا، وأجزاء من كندا بها مناطق تعاني من إستنفاذ المياه الجوفية، وتصل آثار انخفاض طبقة المياه الجوفية إلى ما هو أبعد من الأنشطة البشرية، استنفاد المياه الجوفية له عواقب وخيمة على البيئة، ويعتبر الكثير من المختصين في مجال المياه بأن إدارة المياه الجوفية هي أكبر مشكلة لمصدر المياه في القرن الحادي والعشرين.

البيئة الفيزيائية The physical environment

معظم المياه الجوفية أساسها التساقط الذي يسقط على سطح الأرض ثم يتسرب تحت الأرض، تسمى عملية تحول التساقط إلى مياه جوفية بالتغذية (انظر الشكل ٦,١) [٤]. تختلف كميات التساقط التي تتسرب إلى التربة بالقرب من سطح الأرض والتي قد لا تشبع الأرض تماماً، الطبقة العليا من التربة، غير المشبعة تماماً، هي

المنطقة غير المشبعة أو المنطقة الضحلة (من vadosus اللاتينية، يعني الضحلة). المياه الموجودة بهذه الطبقة عادة ما تسمى بماء التربة، حيث تؤخذ تلك المياه عن طريق جذور النباتات، ومع ذلك، فالهواء وليس الماء – الذي يملأ الفراغات المسامية في التربة في المنطقة غير المشبعة في معظم الوقت.

تحت المنطقة غير المشبعة، حيث تواجد معظم الفراغات المسامية، والشقوق، والفتحات الأخرى بين المواد الجيولوجية التي تملأ بالماء، وتسمى بالمنطقة المشبعة أو water phreatic (من اليونانية phrear، وهذا يعني الينبوع أو البئر). يتم استخدام مصطلح المياه الجوفية لوصف هذه المنطقة الجيولوجية المملوءة بالماء، طبقة المياه الجوفية هي متكون جيولوجي من المياه الجوفية قادر على إعطاء ما يكفي من المياه لتزويد احتياجات البشر.



شكل ٦،١. صورة تمثل الطبقة الحاملة للمياه والمصطلحات الشائعة بالمياه الجوفية (لتعريف تلك المصطلحات انظر المتن).
(Image courtesy of FISRWG)

يسمى الجزء العلوي من المنطقة المشبعة بمستوى المياه الجوفية (وهو أيضا أعلى طبقة للمياه الجوفية ويمكن أن يسمى ببساطة بمستوى الماء). نقطة مثيرة للاهتمام وهي يجب أن نتذكر أن ارتفاع مستوى المياه الجوفية لا يتبع بالضرورة خطوط الارتفاع الكنتورية لسطح الأرض، حيث يتحرك الماء من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة تحت سطح الأرض، تماما كما هو التحرك فوق سطح الأرض، ومع ذلك، فقد يتم منع مسار حركة المياه الجوفية بالمواد المكونة للأرض (مثل الطين أو الحجر الأساسي) التي تعمل على منع أو إعاقة حركة المياه الجوفية.

جدول ٦,١. المسامية لبعض المواد الجيولوجية الشائعة.

المادة	نسبة المسامية (٪)
تربة	٥٥
حصى ورمل	٢٠ – ٥٠
طين	٥٠ – ٧٠
حجر رملي	٥ – ٣٠
حجر جيري	١٠ – ٣٠
صخور نارية متكسرة	١٠ – ٤٠

يعاد تغذية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية عن طريق التساقط الذي يتسرب إلى أسفل من خلال المنطقة غير المشبعة إلى مستوى المياه الجوفية، تتأثر بشكل كبير كميات التغذية حسب التربة والمواد الجيولوجية تحت سطح الأرض، فالطبقات الحاملة للمياه الجوفية من الرمل والحصى الغير متجمعة موجودة في المواد الطينية من بعض أودية الأنهار، التي تحتوي على الشقوق المترابطة والفراغات المسامية، هذه المسامات كبيرة وعديدة بما يكفي للاحتفاظ بالمياه الجوفية والسماح لها بالتحرك بحرية. تحتوي هذه المواد على مسامية عالية (انظر الجدول ٦,١). المواد المجمعة تعني المواد الجيولوجية مثل حبيبات الرمل، والسلت، أو غيرها من المواد التي تتحد ببعضها بعضاً، مثل الحجر الرملي، التي تتشكل مع بعضها بعضاً بقوة ولها مسامية منخفضة (قدرة المياه الجوفية على البقاء بين حبات الرمل والحصى منخفضة)، والنفاذية منخفضة (انظر الشكل ٦,٢). حركة المياه الجوفية بطيئة جدا، على كل حال، من خلال هذا النوع من المواد، طبقات المياه الجوفية بالصخور المتصدعة مثل الجرانيت والبازلت هي تكوينات جيولوجية مع الشقوق التي تسمح بحركة المياه الجوفية (انظر الشكل ٦,٣).

لا توجد المياه الجوفية على أعماق كبيرة؛ لأن وزن المواد الجيولوجية تضغط على المسام بإحكام بحيث لا يمكن للمياه الجوفية من اختراقها، في أحسن الأحوال، وجدت المياه الجوفية على بعد بضعة كيلومترات (أميال) من سطح الأرض.



شكل ٦,٢. النفاذية النسبية لبعض المواد الجيولوجية الشائعة من المرتفعة في الحصى إلى المنخفضة في الطفلة. النفاذية العالية تعطي الناقلية العالية.



شكل ٦،٣ . المياه الجوفية تخرج من الصخور المتصدعة. هذا المنظر الشتوي لوادي نهر الثعبان في ولاية أيدهو للمياه الجوفية المجمدة.

(Photograph by Wayne Pennington)

يطلق على معدل حركة المياه الجوفية في طبقة المياه الجوفية بالتوصيل المائي (Transmissivity). يسمى التكوين الذي يسمح للحركة السريعة نسبيا للمياه الجوفية بأنه قابل للتوصيل العالي، أو أن يكون له توصيل مائي مرتفع، في بعض الحالات، قد تتحرك المياه الجوفية عدة أمتار أو أقدام في اليوم الواحد خلال المواد ذات القابلية العالية للتوصيل، في التكوينات الجيولوجية منخفضة التوصيل المائي، مثل الطين أو الطفلة، فقد تتحرك المياه الجوفية بعض السنتيمترات، أو البوصات في قرن.

من المهم أن نلاحظ أن خصائص تغذية المياه الجوفية يمكن أن تختلف إلى حد كبير في جميع أنحاء العالم، وحتى على النطاق المحلي نفسه. يمكن للأنشطة البشرية، مثل بناء الطرق، والمباني، ومواقف السيارات، والأسطح غير الأخرى أن تغير كثيرا من معدلات التغذية لطبقة المياه الجوفية في المنطقة.

وأخيراً، من المهم أن نتذكر أن اتجاه حركة المياه الجوفية قد لا تتبع بالضرورة اتجاه تدفقات المياه السطحية نظرا لخصائص الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.

فكر في الآتي Think about it
ما هي العوامل التي يمكن أن تغير من ارتفاع مستوى المياه الجوفية في الطبقة الحاملة للمياه الجوفية؟

عموما تتحرك المياه الجوفية نحو الارتفاع المنخفض تحت سطح الأرض، في بعض المواقع، يمكن أن تتحرك المياه الجوفية في نهاية المطاف تحت قوة الجاذبية إلى النهر، والجدول المائي، والبحيرة، والأراضي الرطبة، أو المحيط، تسمى عملية تحرك المياه الجوفية إلى سطح الأرض تصريف المياه الجوفية، وعند تصريف المياه على سطح الأرض، سوف تتبخر المياه الجوفية في نهاية المطاف إلى الغلاف الجوي لتجديد الدورة المائية. في حالات فريدة جدا، قد تصعد المياه الجوفية إلى سطح التربة من جراء ضغط المياه المرتفع، وهذا يمكن أن يحدث عندما تكون المياه محصورة في طبقة المياه الجوفية المحصورة في الطبقات الجيولوجية غير المنفذة، مثل طبقة الطين، أو حجر الأساس، إذا توفر ما يكفي من الضغط الهيدروستاتيكي (الماء) في الطبقة الحاملة للمياه الجوفية لإجبار المياه الجوفية من حدوث صدع أو شق أن تجتمع حتى سطح الأرض، محدثة الينابيع أو الآبار الارتوازية (انظر الشكل ٤ ,٦).



شكل ٦,٤. بئر ارتوازي يتدفق بحرية.

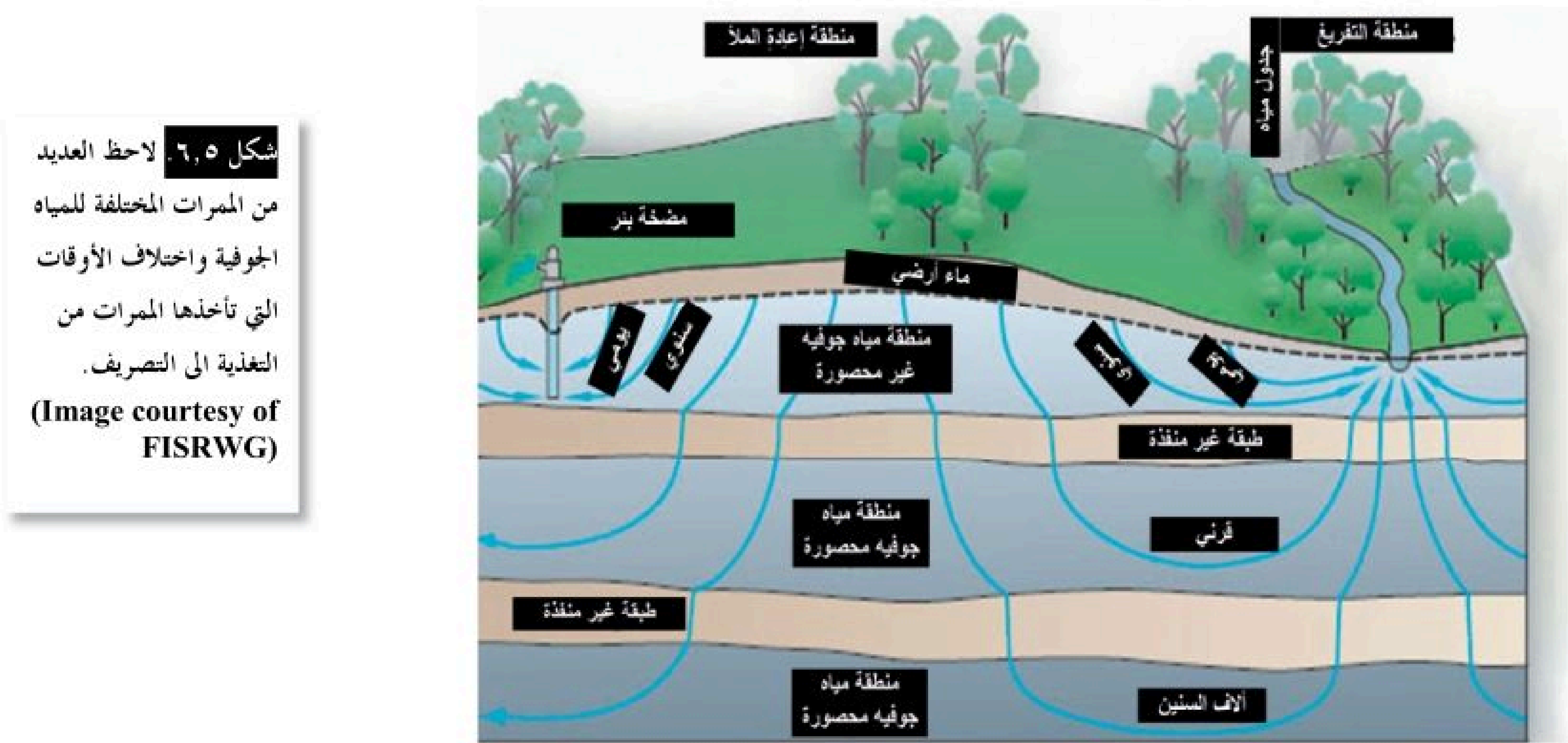
(Photograph courtesy of USGS)

تصريف المياه الجوفية يمكن أن يوفر كميات كبيرة من المياه إلى المسطح المائي، خلال فترات الجفاف، إذ إن تصريف المياه الجوفية قد يكون المصدر الرئيسي للمحافظة على تدفق الجداول المائية، ويطلق عليه التدفق الأساسي، ويمكن أن يساعد أيضا تصريف المياه الجوفية في الحفاظ على منسوب المياه في الأراضي الرطبة، والبرك،

والبحيرات، خلال فترات زيادة كمية المياه نتيجة تساقط الأمطار، يؤدي إلى ارتفاع مستوى المياه الجوفية وتزداد التغذية من مياه الجريان السطحي وغيرها، والناتجة من العواصف المطرية، والعواصف الهيدرولوجية وهذه يمكن أن تزيد من تصريف المياه الجوفية.

غالبا ما تكون علاقة الأراضي الرطبة علاقة وثيقة جدا مع المياه الجوفية، ففي أمريكا الشمالية، **على سبيل المثال، توفر الأراضي الرطبة المأوى والتغذية**، والسكن الملائم الراحة لما يقارب من ٤٥ مليون بطة، وكذلك **الطيور المائية** الأخرى في مرحلة ما خلال دورة حياتها.

زمن بقاء التغذية للمياه الجوفية هو الفترة الزمنية التي تبقى فيها الطبقة الحاملة للمياه قبل تصريفها إلى سطح الأرض. زمن البقاء يختلف اختلافا كبيرا، قد تبقى بعض المياه الجوفية تحت الأرض لبضعة أيام، أو أسابيع، أو قد تكون موجودة في طبقات المياه الجوفية العميقة لآلاف السنين، وتسمى أحيانا المياه الأحفورية، على النقيض من ذلك، زمن بقاء الماء في الجدول المائي بالمتوسط تكون فقط بضعة أيام أو أسابيع (انظر الشكل ٦,٥) [٥].



شكل ٦,٥. لاحظ العديد من الممرات المختلفة للمياه الجوفية واختلاف الأوقات التي تأخذها الممرات من التغذية الى التصريف. **(Image courtesy of FISRWG)**

الإفراط في ضخ المياه الجوفية يخفض مستويات المياه الجوفية إلى الحد الذي لا يمكن استعاضته بالكامل من قبل التغذية، هذه الحالة من الإفراط في ضخ المياه الجوفية تسمى تعدين المياه الجوفية، أو السحب المكشوف للمياه الجوفية، وهذه مشكلة متزايدة في العديد من مناطق العالم. استنفاد المياه الجوفية قد تكون حالة مؤقتة، أو يمكن أن تستمر لعقود أو أكثر إذا كانت معدلات التغذية غير كافية لتحل محل ما تم استنفاده عن طريق ضخ مياه

الآبار، في بعض المواقع، انخفضت مستويات المياه الجوفية إلى مستويات لا يوجد جدوى اقتصادية في مواصلة ضخ المياه الجوفية، ويسمى استنفاد المياه الجوفية الاقتصادية. في هذه الحالة، قد تكون هناك حاجة لمصادر مياه أخرى، أو في أسوأ حالة، يجب التخلي عن الممارسات السابقة في استخدام المياه.

يمكن أن يسبب الضخ المفرط للمياه الجوفية تأثيرات جذرية على المناظر الطبيعية وعلى البشر كذلك، وذلك عندما يتم ضخ كميات كبيرة من المياه الجوفية من الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، حيث تترسب أنواع معينة من المواد الجيولوجية، مثل الرواسب ناعمة الحبيبات، أو تنضغط عندما تسحب المياه الجوفية. تعرضت أجزاء من مكسيكو سيتي، على سبيل المثال، لهبوط الأرض بشدة، والانخفاض المتدرج، ولكنه ثابت في الارتفاعات بسطح الأرض وقد يصل إلى ١٠ أمتار (٣٣ قدماً وقد حدثت بأجزاء من المدينة التي عدد سكانها ما يقرب من ٢٠ مليون نسمة على مدى السنوات الـ ٧٠ الماضية، وقد تسبب الإفراط في ضخ المياه من الطبقة الحاملة للمياه الجوفية بمدينة مكسيكو سيتي إلى هبوط الأرض، وتسبب ذلك في العديد من المشاكل مع إمدادات المياه في المدينة ونظم الصرف الصحي [٦]. في وادي سان جواكين بوسط كاليفورنيا، تسبب ضخ المياه الجوفية المكثف لأغراض الري إلى انخفاض سطح الأرض إلى ما يقرب ٩ أمتار (٣٠ قدما) منذ ١٩٢٥ (انظر الشكل ٦,٦). وقد أدى هذا إلى تلف المباني والجسور والقنوات المائية، والطرق السريعة، وكلفت الملايين من الدولارات. انخفضت منطقة وسط لاس فيغاس، نيفادا، أكثر من مترين (٦ أقدام) في جنوب الولاية. الهبوط في سطح الأرض ليس فقط قضية خطيرة ومكلفة للمرافق على سطح الأرض، ولكن قد يمنع بشكل دائم المستويات التاريخية من تغذية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية من الوصول إليها في الطبقات الحاملة المستنفذة. في الولايات المتحدة وحدها، شهدت أكثر من ٤٤٠٠٠ هكتار (١٧٠ ميل مربع) في ٤٥ ولاية قضايا هبوط الأرض.



شكل ٦,٦. هذا الموقع هو في وادي سان جواكين جنوب غرب مندوتا، كاليفورنيا، الولايات المتحدة. هذا هو الموقع التقريبي للحد الأقصى للهبوط في الولايات المتحدة الذي حددها الجهود البحثية للدكتور جوزيف بولاند **Joseph F. Poland** (في الصورة). العلامات على عمود الكهرباء تظهر بالتقريبي ارتفاع سطح الأرض في عام ١٩٢٥، ١٩٥٥، و١٩٧٧.

(Photograph courtesy of USGS)

تداخل المياه المالحة هي مشكلة أخرى تتعلق بالإفراط في الضخ من الطبقات الحاملة للمياه الجوفية. في المناطق الساحلية، الإفراط في ضخ المياه الجوفية الناجم عن النمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة يزيد الطلب في بعض الأحيان على المياه بحيث لا يمكن تعويضه بالتغذية. في هذه الحالات، يمكن لمياه المحيطات المالحة أن تتداخل مع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية العذبة. بمعدلات أكبر مما يحدث عادة، مما يؤدي إلى تلويثها بالمياه المالحة، وهذا يحدث في كثير من المجتمعات على المحيط الأطلسي والولايات الخليجية في أمريكا، وإسبانيا، وإيطاليا، وتركيا والهند، وأستراليا، وغيرها من المواقع في جميع أنحاء العالم حيث ما يقرب من ٧٠٪ من سكان العالم يعيشون في المناطق الساحلية.

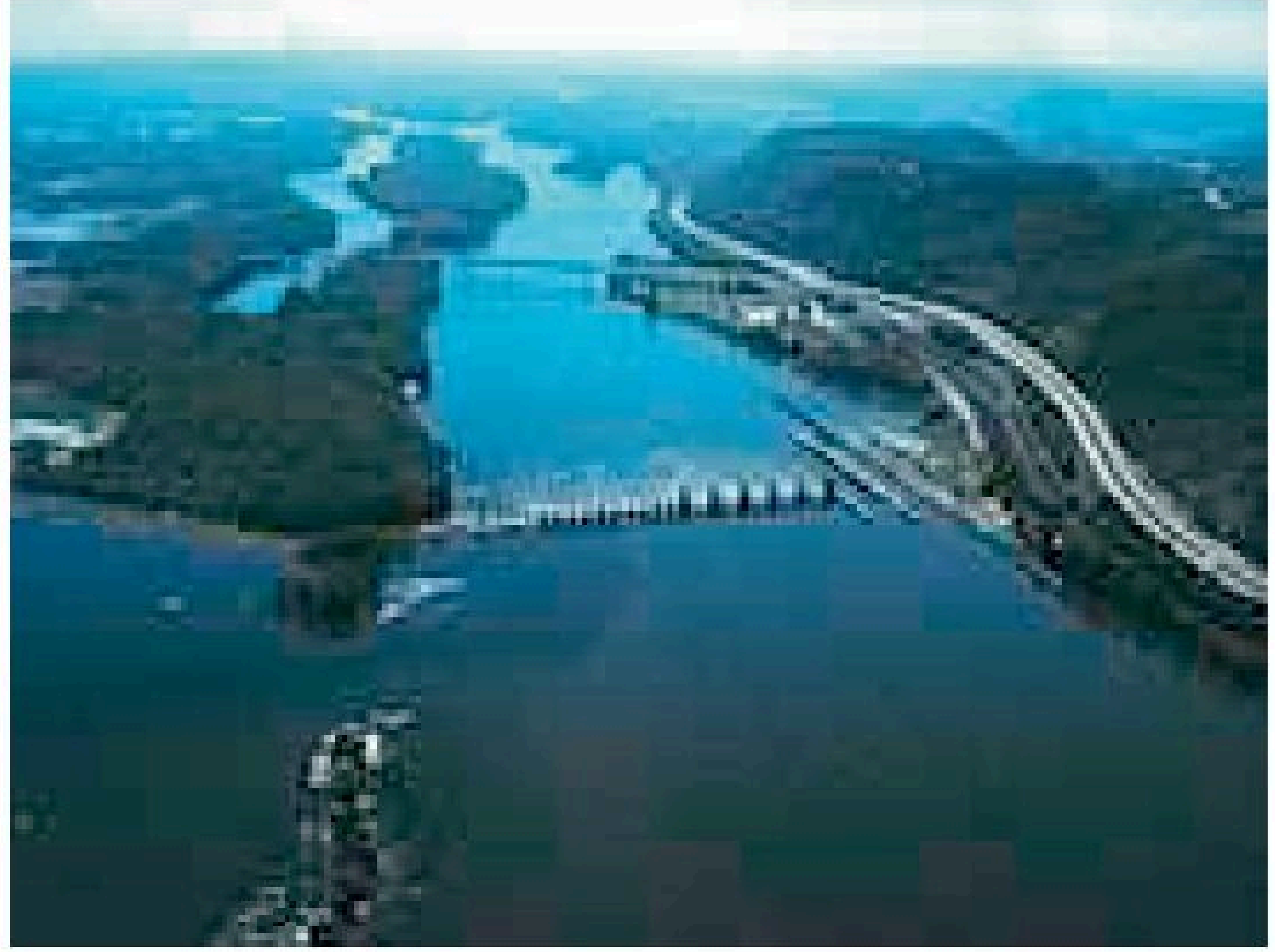
الكاتدرائية الرئيسية في مكسيكو سيتي ذات القبة الصفراء دي غوادالوبي، تميل عن المركز بسبب هبوط الأرض. بعض المناطق من المدينة تعاني من هبوط ما يقرب من ٠,٣ متر (واحد قدم) في السنة، بسبب ضخ المياه الجوفية من تحت قاع البحيرة القديمة تيكسكوكو، والتي تغطى الآن بالتنمية الحضرية [٧].

تداخل المياه السطحية والجوفية Interaction of surface and groundwater

غالباً ما تتداخل المياه السطحية والمياه الجوفية في مجموعة واسعة من العمليات الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية. هذه التداخلات يمكن أن تحدث في الحالات المناخية والفيزيائية المتنوعة، على سبيل المثال، عملية التداخل بين المياه السطحية والجوفية تمت دراستها في الطبقة الرسوبية الكبيرة الحاملة للمياه الجوفية وحالات الجداول المائية، ومع ذلك، فقضايا تلوث مياه الشرب، والتشبع الغذائي eutrophication في البحيرات، وفقدان الأراضي الرطبة، والتغيرات الأخرى في البيئات المائية تحدث في مصبات الجداول المائية، والأنهار، والبحيرات، والأراضي الرطبة، والمناطق الساحلية.

تتقاطع المياه الجوفية في كثير من الأحيان مع الخط الساحلي للنهر، أو البحيرة، أو غيرها من المسطحات المائية، وعند إنشاء منطقة مشبعة تحت سطح الأرض بهذه المنطقة. عموما، يمر التساقط بسرعة من خلال أي منطقة رقيقة غير مشبعة بالقرب من سطح الأرض، وتشكل كميات من المياه الجوفية بالقرب من المياه السطحية (انظر الشكل ٦,٧)، أحد الشواطئ لنهر المسيسيبي، وهذا يمكن أن يؤدي على المدى القصير إلى زيادة تصريف المياه الجوفية إلى أعلى السطح المائي.

نتح النباتات بالقرب من شواطئ البحيرة، أو الجدول المائي في بعض الأحيان يحدث أثراً عكسياً. يمكن لجذور النباتات اختراق المنطقة المشبعة من الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، وتقطع المياه الجوفية ببطء متحركة نحو النهر، والبحيرة، أو الأراضي الرطبة. النتح هو حدث متغير يومي وموسمي بدرجة كبيرة، ويمكن أن تؤثر على المياه الجوفية إلى حد ما مثل ضخ المياه من البئر، في بعض المواقع، فمن الممكن التغير في التدفق اليومي، أو ٢٤ ساعة في اتجاه حركة المياه الجوفية خلال مواسم النمو النباتي النشط.



شكل ٦،٧. نظام التحكم والسد رقم ٧ على نهر المسسيبي والطريق I-90 بجسر النهر إلى مركز المدينة. يسمح حجم الماء بالنهر إلى تغذية المياه الجوفية.

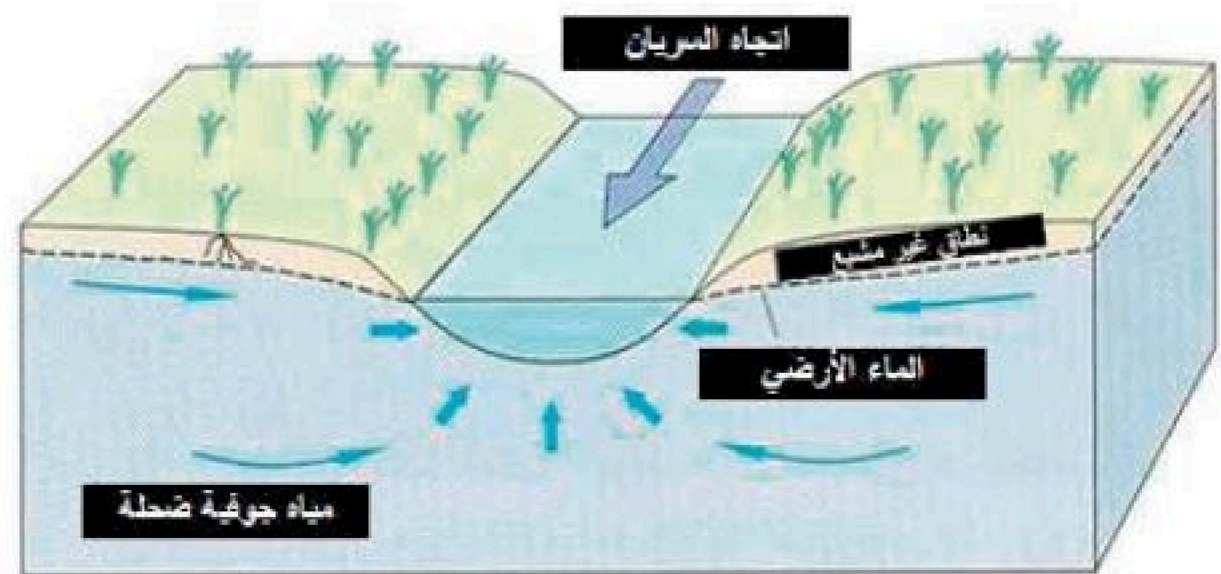
(Photograph courtesy of USGS)

على سبيل المثال، زيادة نتح النباتات خلال أشهر الصيف ذات النمو العالي يقلل حركة المياه الجوفية نحو المسطح المائي، على أساس يومي. في الواقع حركة المياه الجوفية تزيد خلال الليل إلى المسطح المائي، ولكن تنخفض خلال ساعات النهار عالية النتح، في الوقت نفسه، المياه السطحية يمكن أن تسحب من سطح البحيرة إلى المياه الجوفية الضحلة خلال النهار عندما تقوم جذور النباتات بامتصاص كميات أكبر من المياه الجوفية خلال ساعات النهار في الصيف الساخن [٨]. التغيرات الدورية باتجاه حركة المياه الجوفية تحدث على مدى فترة أطول موسميا، أو بين دورات الترطيب والجفاف، وقد تحدث التغذية خلال الفترات الرطبة من التساقط، ولكن تصريف المياه الجوفية قد يسود خلال فترات الجفاف، ويمكن لهذا الاختلاف من التغذية وتصريف المياه الجوفية أن يكون متغيراً للغاية، ومهم، ولا سيما على طول ضفاف المسطحات المائية السطحية الصغيرة.

تداخل المياه الجوفية والجداول المائية Interaction of groundwater and streams

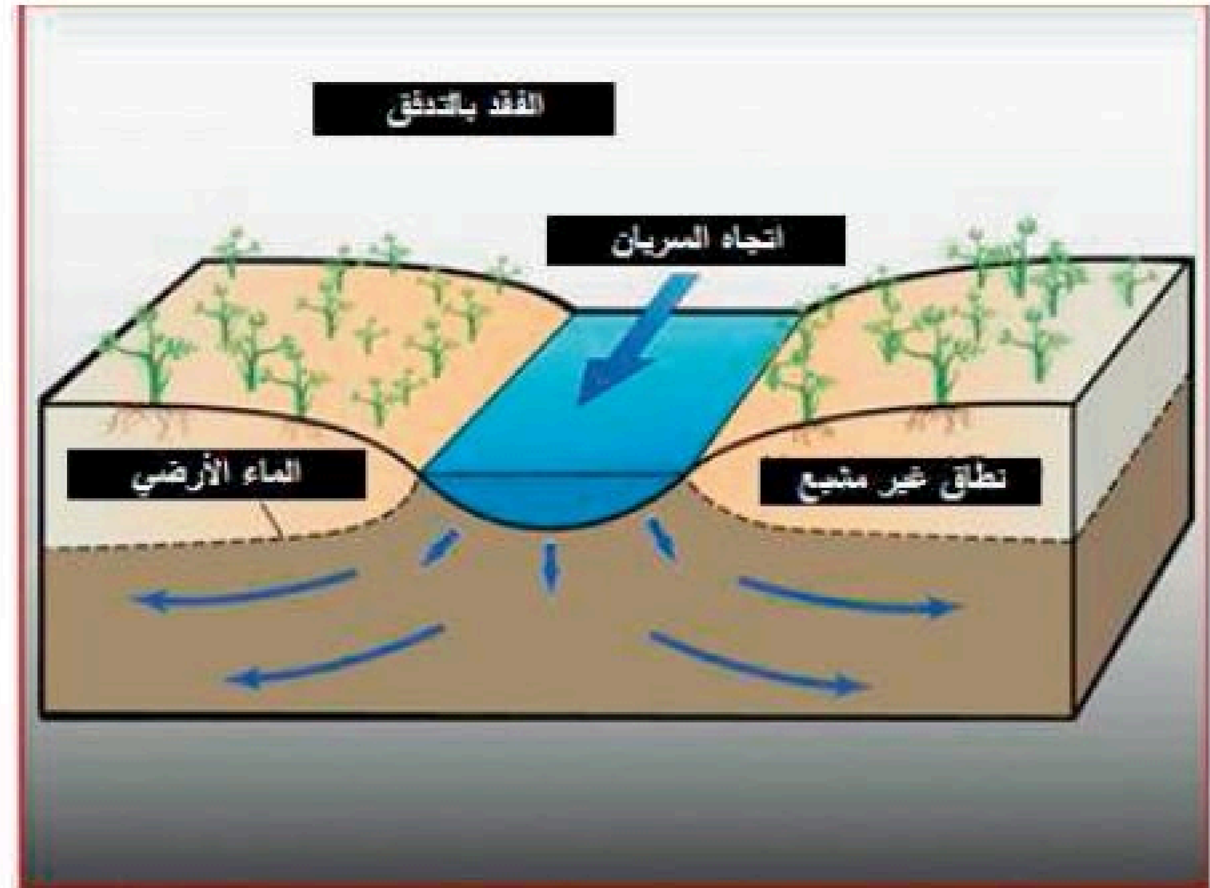
تتداخل الجداول والأنهار مع المياه الجوفية في ثلاث طرق أساسية: (١) التصريف من المياه الجوفية، وتسمى الكسب أو الخارجة للجدول المائي، (٢) فقدان المياه السطحية إلى المياه الجوفية تسمى الفقد، أو الداخلة للجدول المائي، و (٣) يمكن أن تحدث كلتا الحالتين [٩].

يعتمد التداخل بين المياه الجوفية والسطحية على الوقت من السنة، والعواصف المطرية، والاختلافات الجيولوجية على طول قسم معين من النهر، لكي تتحرك المياه السطحية إلى نظام المياه الجوفية، فيجب أن يكون ارتفاع المياه في الجداول المائية أعلى من ارتفاع مستوى المياه الجوفية، ومع ذلك، يجب أن تتوفر عكس هذه الشروط لكي تتسرب المياه الجوفية إلى الجدول المائي، والبركة، أو الأراضي الرطبة. يمكن لضخ المياه الجوفية في هذه الأنواع من الأنظمة أن يؤثر تأثيراً كبيراً على اتجاه حركة المياه الجوفية ولا سيما بالقرب من شواطئ المسطحات المائية (انظر الأشكال ٦,٨ و٦,٩) [١٠].



شكل ٦,٨. الجدول المائي الذي يكسب الماء. لاحظ أن الأسهم في المياه الجوفية تتجه إلى الجدول المائي مما يدل على اكتساب المياه.

(Image courtesy of USGS)



شكل ٦,٩. الجدول المائي الفاقد للمياه. في هذه الحالة الأسهم تخرج من الجدول المائي مما يدل على فقد المياه.

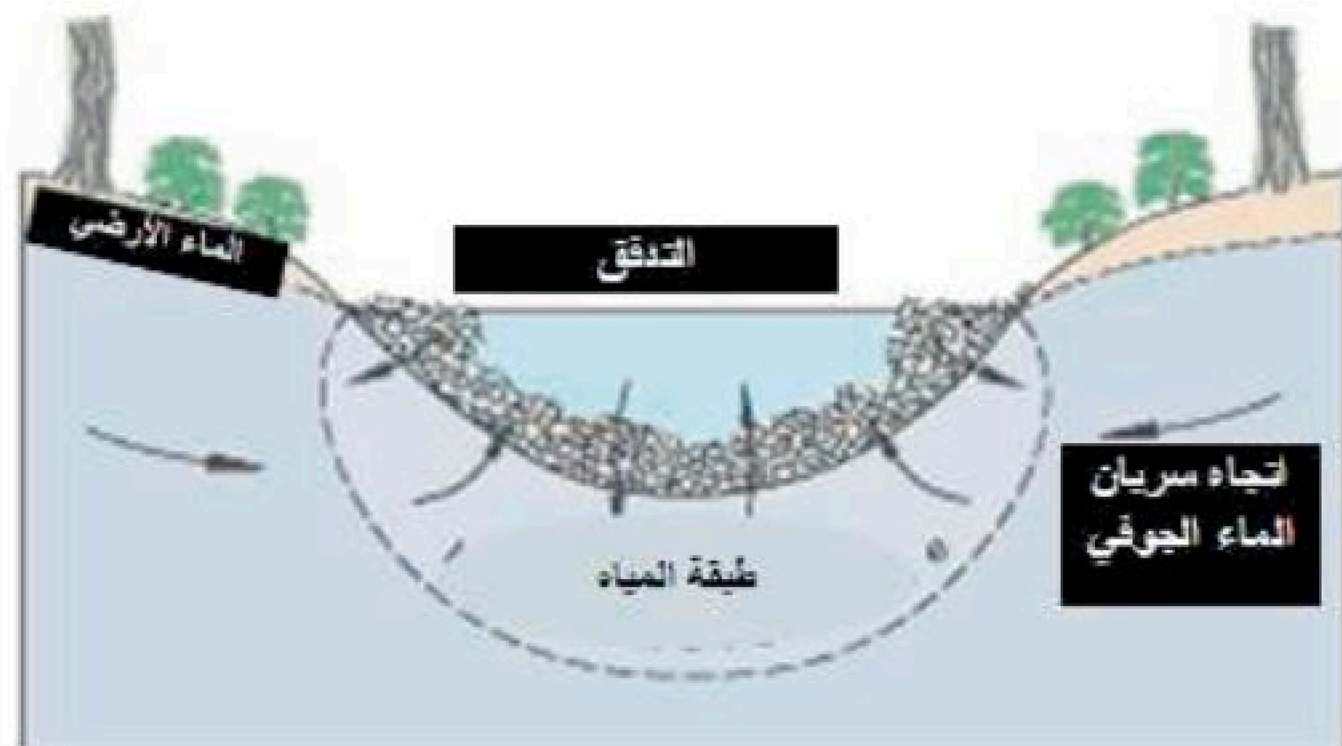
(Image courtesy of USGS)

يحدث تداخل المياه الجوفية مع الجداول المائية بعدة طرق مختلفة معتمدة على الوضع المناخي والتضاريس، على سبيل المثال، في المناطق الجبلية، قد تسمح تحلل جذور النباتات وتشقق في الصخور بكميات كبيرة من الرطوبة على التحرك من خلال باطن الأرض. في بعض المواقع، هذا الوضع ينشأ الينابيع على جانب التل، أو رفع مستوى المياه الجوفية في الأجزاء السفلى من الوديان الجبلية. حوادث ذوبان الثلوج والتساقط قد تفوق قدرة التسرب للطبقات الحاملة للمياه مسببة زيادة في التدفق في مختلف البيئات. في أساس بعض جوانب الجبال، قد تراكم المياه الجوفية وتنشأ الأراضي الرطبة، وتسمى المستنقعات الضحلة، الميل العالي للجبال والقوام الخشن لترب قيعان الأنهار في جداول الجبال كثيرا ما تسبب تبادل متكرر بين المياه السطحية والجوفية في منطقة المحاذية للجداول المائية Hyporheic. تدفق المياه السطحية السريع على القيعان الخشنة للمجرى المائي من خلال الصخور، وفوق الصخور وحولها بعض المياه السطحية تحت أجزاء ذات ميول حادة للجداول المائية (تسمى الخنادق السحرية). هذه المياه الجوفية المؤقتة تعود إلى المجرئ المائي في جزء المنبع من الحوض، أو القناة، ربما بعد التدفق من خلال الحصى.

المنطقة التي تتداخل فيها المياه الجوفية والمياه السطحية تتفاعل المياه تسمى منطقة التداخل hyporheic (انظر الشكل ٦,١٠). كثيرا ما تمتلك من الخصائص الكيميائية والبيولوجية مختلفة بشكل ملحوظ من المياه السطحية أو المياه الجوفية المجاورة. قيعان الجداول وضفاف الجداول والبحيرات هي بيئات فريدة من نوعها، وتغيير بإنخفاض مستويات المياه الجوفية.

فكر في الآتي Think about it

لماذا خصائص منطقة التداخل hyporheic تكون مختلفة من المياه السطحية أو المياه الجوفية؟ هل تعيش الكائنات الحية في المياه الجوفية؟



شكل ٦,١٠. يوضح الشكل تحرك المياه دخولا وخروجا في طبقة الماء السفلية **hyporheic** يسمى المياه في هذه الطبقة بالمياه الفراغية **interstitial**.

(Image courtesy of USGS)

بعض تدفق الجداول الجبلية يحدث عبر الوديان الرسوبية، والناتجة من تراكمات الرمل والحصى والطمي التي خلفتها قرون من ترسب الماء، غالبا ما تتسرب المياه السطحية إلى المياه الجوفية في هذه المواقع عالية النفاذية، وجدت بسهولة في المناطق الجافة من العالم. تسرب الجداول المائية هذا غالبا ما يكون المصدر الرئيسي لمياه التغذية للطبقات الحاملة للمياه الرسوبية، يمكن أن ويكون مدى التغذية في هذا النوع من النظام صعب التنبؤ به بسبب التغيرات في خصائص مجرى النهر والاختلاف في الارتفاع الهيدروليكي (الارتفاع وضغط المياه) بين المجرئ المائي والطبقة الحاملة للمياه الجوفية.

لا توجد لبعض الجداول المائية سهول فيضية كاملة التطور، وتقتصر كمية المياه الجوفية والسطحية المتداخلة على الفيضانات والبخر-نتح. في هذه الظروف، ومقدار المياه المتداخلة يختلف موسميا، فالأنهار الكبيرة، مثل نهر المسيسيبي. ذات تفرعات واسعة ومصادر سائدة لتغذية المياه الجوفية بالمنطقة، حيث يوجد مصدر متاح بسهولة من تصريف المياه الجوفية إلى الجدول المائي على مدار السنة. نهر صغير، مثل نهر أولفانتس Olifants في جنوب أفريقيا، له طبقة حاملة للمياه الجوفية رسوبية ضحلة نسبياً وهو أكثر احتمالا للتعرض لتغيرات التدفق الموسمي.

اتجاه حركة المياه من مجرى مائي إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، وكذلك من الطبقة الحاملة للمياه إلى المجرى المائي، يمكن أن تحدث على طول النهر، ويمكن أن تختلف باختلاف أجزاء النهر (قطاعات)، أو في كثير من الأحيان تتغير مع العواصف المطرية. من المحتمل تغير العواصف الفردية اتجاه التدفق بسرعة كبيرة، وفي تدفق الفيضانات العالية المؤقتة بقناة النهر يمكن أن تغذي المياه الجوفية بسرعة بالمناطق المجاورة غير المشبعة (وتسمى ضفاف التخزين). هذه التدفقات المؤقتة توفر أيضا المياه للنباتات للحد من الامتصاص من المياه الجوفية، وتأتي مصادر حوادث الفيضانات المؤقتة من العواصف المطرية، وذوبان الثلوج، أو الفتح السريع لخزان المياه من المنبع.

في حالة الفيضان الذي لا يغطي ضفاف النهر، فإن معظم مياه ضفاف التخزين تعود إلى المجرى المائي في غضون أيام، أو أسابيع. إذا امتدت مياه الفيضان إلى ضفاف الأنهار وخارجها، سوف يغذي الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، وإذا كانت المسافات من النهر كبيرة، فقد تمدد المدة الزمنية المطلوبة لتصريف المياه الجوفية إلى المجرى المائي، وهذا يمكن أن يستغرق أسابيع أو شهوراً أو حتى سنوات. تميل هذه العمليات إلى تقليص حجم قمم

الفيضانات، ويمكن أن تقلل من حجم وكثافة حوادث العواصف على تدفقات الأنهار. بعض الأنظمة النهرية تكون في حالة ثابتة من إعادة التكيف بين التخزين والفيضانات.

تداخل المياه الجوفية والبحيرات Interaction of groundwater and lakes

للبحيرات ثلاثة تداخلات أساسية مع المياه الجوفية:

(١) بعض البحيرات يصلها تصريف المياه الجوفية من خلال قاع البحيرة بأكملها.

(٢) بعضها يفقد الماء من خلال التسرب إلى المياه الجوفية من خلال قاع البحيرة بأكملها.

(٣) معظم البحيرات يصلها تصريف المياه الجوفية في جزء من قاع البحيرة، ومن مناطق أخرى تفقد عن طريق التسرب إلى المياه الجوفية.

يمكن أن تحدث كل هذه العمليات في نظام البحيرة نفسها، في مواقع مختلفة من البحيرة.

تقاطع المياه السطحية والجوفية في البحيرات ذات دلالة تختلف عن تلك بالجداول والأنهار. أولا، مستويات المياه من البحيرات الطبيعية (وليس الخزانات التي يتم إنشاؤها من قبل البشر) لا تتغير عادة بسرعة كبيرة ما لم تحدث عاصفة كبيرة في المنطقة، تكون ضفاف تخزين المياه لا يحدث عموما في كثير من الأحيان بصورة متكررة، والتبخر بشكل عام أكبر في نظم البحيرات الكبيرة مقارنة بالأنهار، وغالبا لا تتجدد مياه البحيرة بسرعة تجدد المياه في الجداول المائية، وعليه، فإن رواسب البحيرات قد تحتوي على كميات أكبر من المواد العضوية، التي تميل إلى تقليل نفاذية قيعان البحيرات، وهذا يمكن أن يحد من تصريف المياه الجوفية إلى البحيرة وتغذية المياه الجوفية من البحيرة، وتحد هذه الرواسب أيضا من العمليات البيولوجية والكيميائية بين المياه السطحية والمياه الجوفية في هذه المواقع.

تداخل المياه الجوفية والأراضي الرطبة Interaction of groundwater and wetlands

الأراضي الرطبة مماثلة للجداول والبحيرات حيث تتلقى في كثير من الأحيان تصريف المياه الجوفية، وتوفير التغذية للمياه الجوفية، أو يمكن القيام بالعمليتين على حد سواء في أوقات مختلفة من السنة. يمكن أن

تؤدي الأراضي الرطبة هذه المهام خلال دورات الطقس (الجفاف مقابل الفيضانات، على سبيل المثال). تقع الأراضي الرطبة في منخفضات الأرض وقد يكون لها تقاطع مع المياه الجوفية مثل البحيرات والجداول المائية، ومع ذلك، توجد بعض الأراضي الرطبة في الأراضي المنحدرة، مثل المستنقعات fens، التي تتلقى تصريف المياه الجوفية التي تحتوي عادة على إمدادات مستمرة من المواد الكميائية المذابة، من ناحية أخرى، قد توجد الأراضي الرطبة على المرتفعات بالمصارف، التي يطلق عليها أحياناً المستنقعات الضحلة bogs، وتلقي الكثير من احتياجاتها من المياه من الأمطار الساقطة أخيرا.

تختلف فترة ومدى بقاء المياه في الأراضي الرطبة حسب الموقع، والمناخ، وأنماط الطقس الأخيرة. تصريف المياه الجوفية وفيضانات المياه السطحية عمليات شائعة في الأراضي الرطبة النهرية (الأراضي الرطبة المجاورة للأنهار). يمكن التنبؤ بدورات المد والجزر المؤثرة على الأراضي الرطبة بالقرب من المناطق الساحلية، وتنشئ كل من الفيضانات والمد والجزر تغييرات في مستوى الماء التي تجعل فهم حركة المياه في الأراضي الرطبة صعبة.

الفترة المائية hydroperiod بسبب العمق، والتردد، والموسمية، والمدة تحدث تغيرات في مستوى المياه بالأراضي الرطبة وتكوِّن ما يطلق عليه أثر الفترة المائية وتؤثر بشكل كبير على نوع الغطاء النباتي، ودورات المغذيات، وأنواع اللافقاريات والأسماك وأنواع الطيور الموجودة. هذه الخصائص الهيدرولوجية والبيئية واسعة النطاق توفر لنا العديد من أنواع الأراضي الرطبة المختلفة [١١].

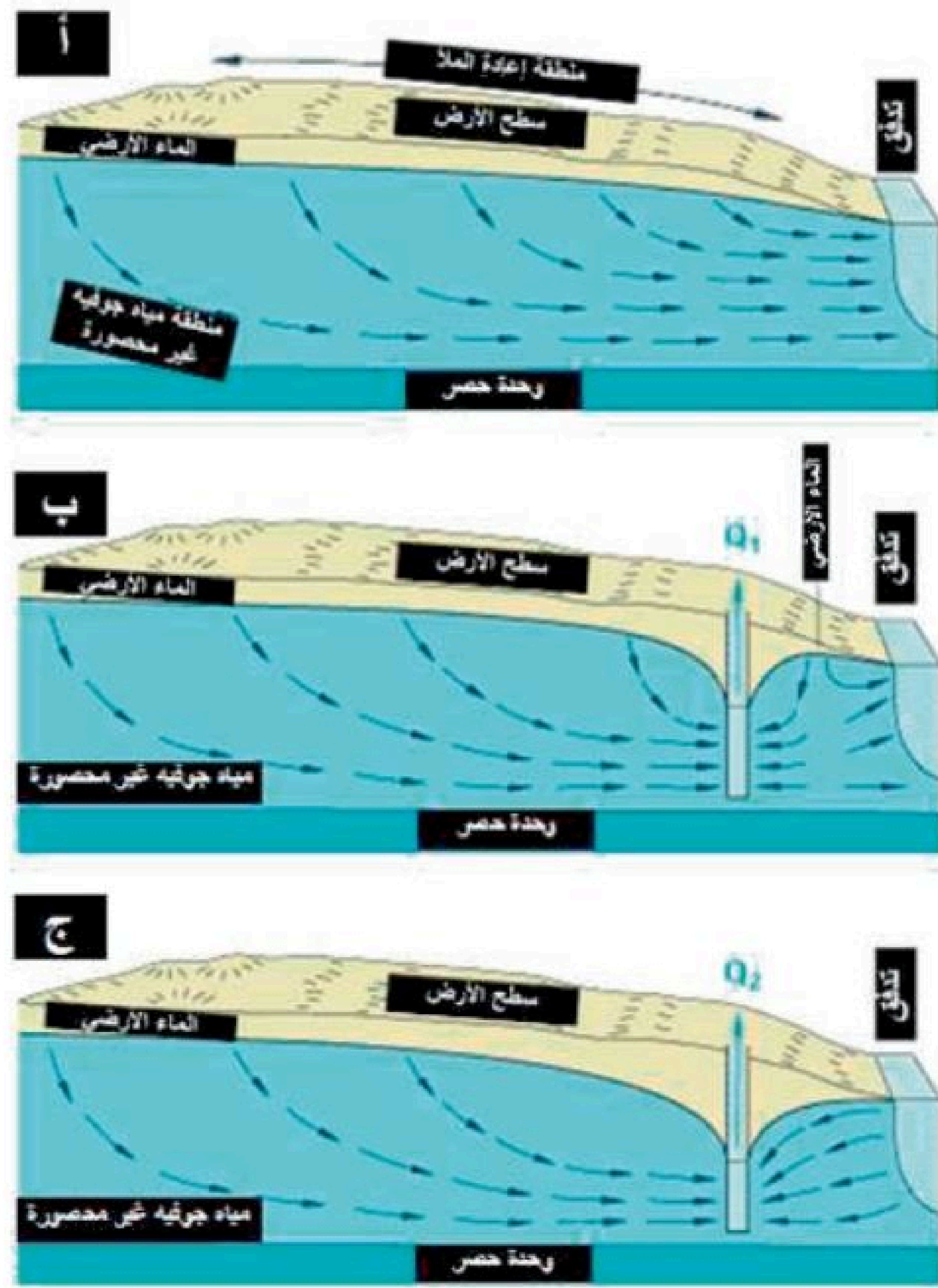
يمكن للتداخل بين المياه الجوفية مع المياه السطحية للبحيرات والأراضي الرطبة أن تكون مختلفة تماماً عموماً، البحيرات تكوِّن ضحلة حول الشواطئ، وعمل موجات الماء في كثير من الأحيان يزيل الحبيبات الدقيقة بالرواسب، مما يسمح للمياه السطحية في البحيرة والمياه الجوفية المجاورة للتداخل بحرية، من ناحية أخرى، تتكون عادة قيعان الأراضي الرطبة من المواد العضوية المتحللة والحبيبات الناعمة، التي تكون حاجزا سهلا لمرور المياه السطحية إلى المياه الجوفية، والعكس بالعكس، سيؤدي ذلك لحركة المياه بين النظامين أن تحدث ببطء أكثر، ومع ذلك، يمكن للموصلات الجيدة للمياه من الجذر الليفي في التربة الرطبة بإنشاء مسار تدفق للمياه، ولذلك فإن امتصاص الجذر للماء من التربة يوجد تبادلاً كبيراً بين المياه السطحية ومياه التربة (انظر الفصل التاسع).

تضاريس كارست والمياه الجوفية Karst topography and groundwater

تظهر تضاريس الكارست التباين الفريد لأنظمة المياه المياه السطحية / المياه الجوفية التي سبق وصفها، يتم إنشاء طبقة المياه الجوفية الكارستية عندما تذوب الصخور بالماء وخاصة صخور الحجر الجيري والدولوميت تحت سطح الأرض. هذه الكهوف يمكن أن تحمل المياه الجوفية، وتكون في بعض الأحيان كبيرة بما يكفي للإنسان أن يمشي من خلالها (على سبيل المثال، كهوف كارلسباد في ولاية نيو مكسيكو، أو كهف الماموث في كنتاكي). تغذية المياه الجوفية فعالة جدا في نظام المياه الجوفية الكارستية بسبب التدفق بالمسارات بشكل عام كبير جداً، ومع ذلك، قد يكون بعضها ذا شقوق صغيرة جدا مما يجعل التنبؤ بحركة المياه الجوفية صعبة. في بعض المواقع، تتحرك المياه الجوفية فعلا في جداول مائية تحت الأرض من نظم الكارستية ذات الدرجة العالية من التطور، وفي مناطق أخرى، تحد الشقوق الرقيقة من حركة المياه، وتدفق المياه الجوفية قد تكون بطيئة جداً. يمكن للمجاري المائية أن تختفي تماما في طبقة المياه الجوفية الكارستية، ويمكن أن تظهر مرة أخرى بسرعة في مكان المصب. دراسة طبقات المياه الجوفية الكارستية وهي دراسة قد تكون مثيرة للمهتمين بالجمع بين التسلق، واستكشاف الكهوف، والغوص، مع المعرفة العلمية.

تداخل إمدادات المياه Water supply interactions

في كثير من الأحيان، إمدادات المياه ليست كافية في المواقع والأوقات التي تشتد الحاجة إليها، ورداً على ذلك، قام البشر بأعمال هندسية صغيرة وكبيرة الحجم لتوزيع إمدادات المياه سواء كانت مياه سطحية، أو جوفية إلى مواقع الحاجة. نقل أي نوع من المياه له تأثير على النوع الآخر. تحويل المياه من مجرى مائي لأغراض الري سيغير نمط التدفق الرجعي التاريخي للمياه في المجرى، والمياه السطحية المتدفقة بالنهر يمكن أن تستهلك من قبل المحاصيل، أو قد تتسرب تحت منطقة جذور النباتات وتصبح المياه الجوفية. المياه الجوفية هذه تتحرك ببطء شديد لمتر أو بضعة أقدام يومياً وتعود مرة أخرى إلى المجرى المائي بعد عدة أشهر، أو سنوات، وفي مثال آخر، قد يتم ضخ المياه من بئر ضحلة لتوفير مياه الشرب للمجتمع. عادة، يتم تصريف المياه الجوفية للأراضي الرطبة، أو البحيرة. الآن، المياه الجوفية التي يتم ضخها للاستخدام الحضري، قد يتغير الميل الهيدروليكي لها مما يسبب انخفاض مستويات المياه في الأراضي الرطبة، والأنهار، والجداول المائية، أو حتى البحيرة (انظر الشكل ٦,١١).



شكل ٦،١١. حركة المياه المتأثرة بالضخ من الآبار. (أ) تصريف المياه الجوفية إلى الجداول المائية. (ب) تركيب بئر بمعدل تدفق يقدر ب Q_1. البئر يقطع المياه الجوفية التي من المفترض أن تذهب إلى الجدول المائي. (ج) معدل التدفق من البئر زاد إلى Q_2 مسبباً ليس فقط قطع المياه الجوفية ولكن سحب المياه من الجدول المائي نفسه.

(Image courtesy of USGS)

قد تؤثر العمليات الأخرى على تصريف وتغذية المياه الحوفية المجاورة للجداول المائية، والأراضي الرطبة، أو البحيرة. ضخ المياه من الآبار قد يعترض حركة المياه الجوفية باتجاه المسطح المائي، ويلتقط هذه التدفقات قبل تصريفها إلى المسطح المائي. ضخ المياه من بئر بالقرب من مجرى مائي قد يحفز تدفق المياه من المجرى المائي في طبقة المياه الجوفية الهيدروليكية [١٢].

الكيمياء والبيئة المائية The chemical and aquatic environment

كيمياء المياه هي العبارة التي تتكرر في كل فصول هذا الكتاب. ناقشنا دور حوض التجميع في تحديد جودة المياه السطحية، ما الذي يحدد جودة المياه الجوفية؟

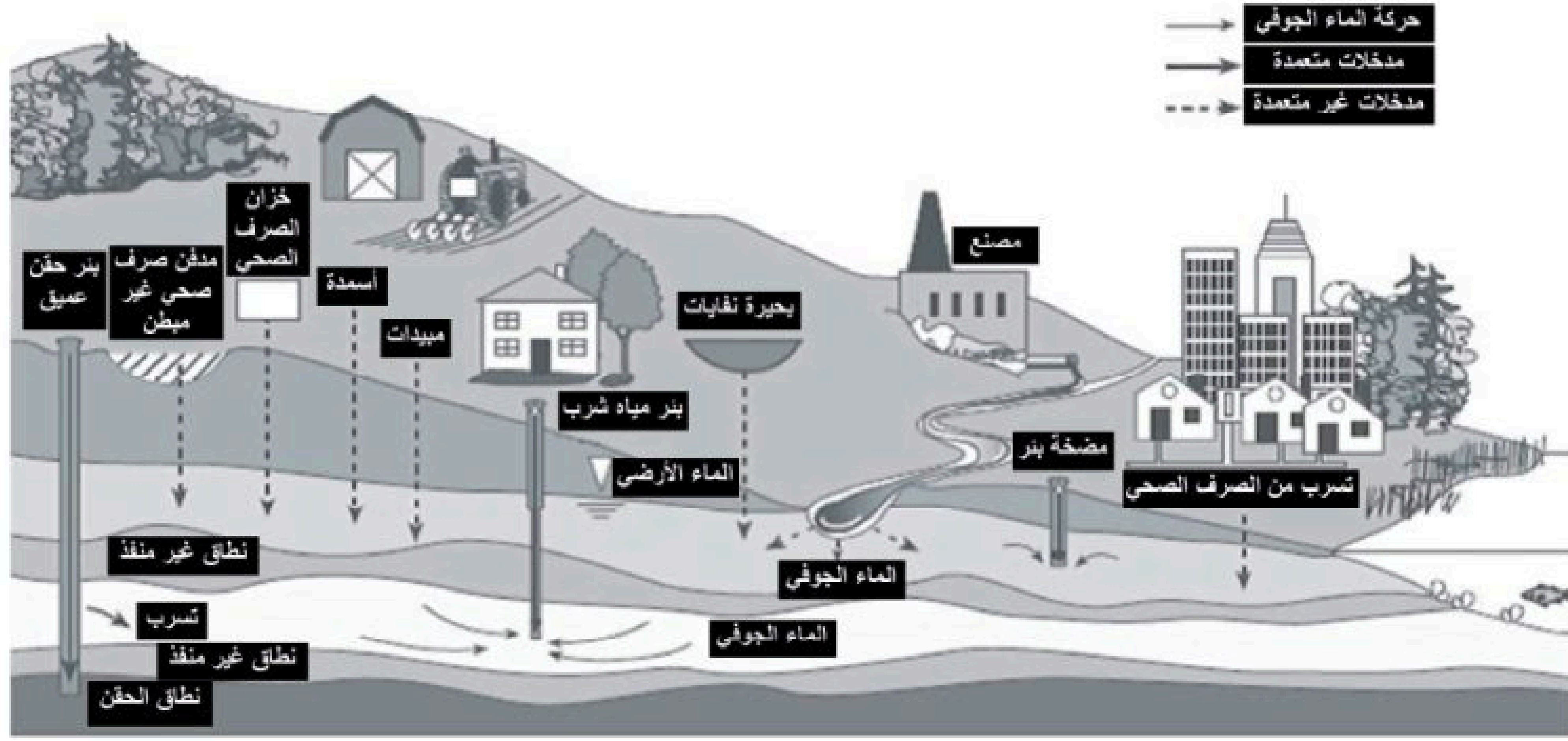
هل تذكر نوع التربة، ومتى يتلامس الماء مع التربة، وتحديد ما سيذوب في المحلول؟ تداخلات المياه في حوض التجميع تبدأ عملية تغيير جودة المياه في فترة قصيرة إلى حد ما، الجيولوجيا أو مادة الأصل الموجودة مع المياه الجوفية، وعلى مر الزمن، تغير جودة المياه، أنواع التفاعلات الكيميائية، مع ذلك، لا تزال هي نفسها لماء التربة والمياه الجوفية، هناك تفاعلات الأكسدة والاختزال بواسطة الميكروبات والتحلل البيولوجي، والترسيب وذوبان المعادن، والتفاعلات الحامضية (الرقم الهيدروجيني)، وامتصاص أيون والتبادل، والتبادلات الغازية، ما هي التغييرات والأدوار النسبية وذات الأهمية في هذه التفاعلات؟.

تسرب المياه إلى التربة: تكون التربة جيدة التهوية عندما تحتوي على المواد العضوية اللازمة للحصول على مصدر الطاقة الذي يسمح لعمل الكائنات الحية الدقيقة بالتفاعلات البيوجيوكميائية، والناتج من هذه التفاعلات هو غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). يتحد CO_2 مع أيونات الهيدروجين (H^+) في الماء لتكوين H_2CO_3، حامض الكربونيك مما يؤدي إلى انخفاض الرقم الهيدروجيني (الرقم الهيدروجيني أكثر حموضة) مما يسبب بدء أنواع أخرى من التفاعلات المعدنية، هذا مهم جدا في أنظمة التربة ويمكن أن تكون مهمة في أنظمة المياه الجوفية الضحلة، ومع ذلك، فإنها تؤدي دورا ثانويا في طبقات المياه الجوفية العميقة غير الهوائية.

التجوية الجيوكيميائية، تفكك المعادن من خلال التفاعلات الكيميائية من غير الكائنات الحية الدقيقة، وهي السائدة في أنظمة المياه الجوفية. الخلط الدقيق من الأيونات في محلول المياه الجوفية يعتمد على العناصر الموجودة، وكذلك مدة ونوع التفاعلات الجيوكيميائية. السؤال الذي ينبغي طرحه عن جودة المياه هو: "ما الذي يحدث عندما تتقابل المياه السطحية والجوفية؟"

فكر في الآتي Think about it
لماذا تكون التفاعلات الميكروبية أكثر انتشارا في مياه التربة والمياه الجوفية الضحلة عنها في طبقات المياه الجوفية العميقة؟

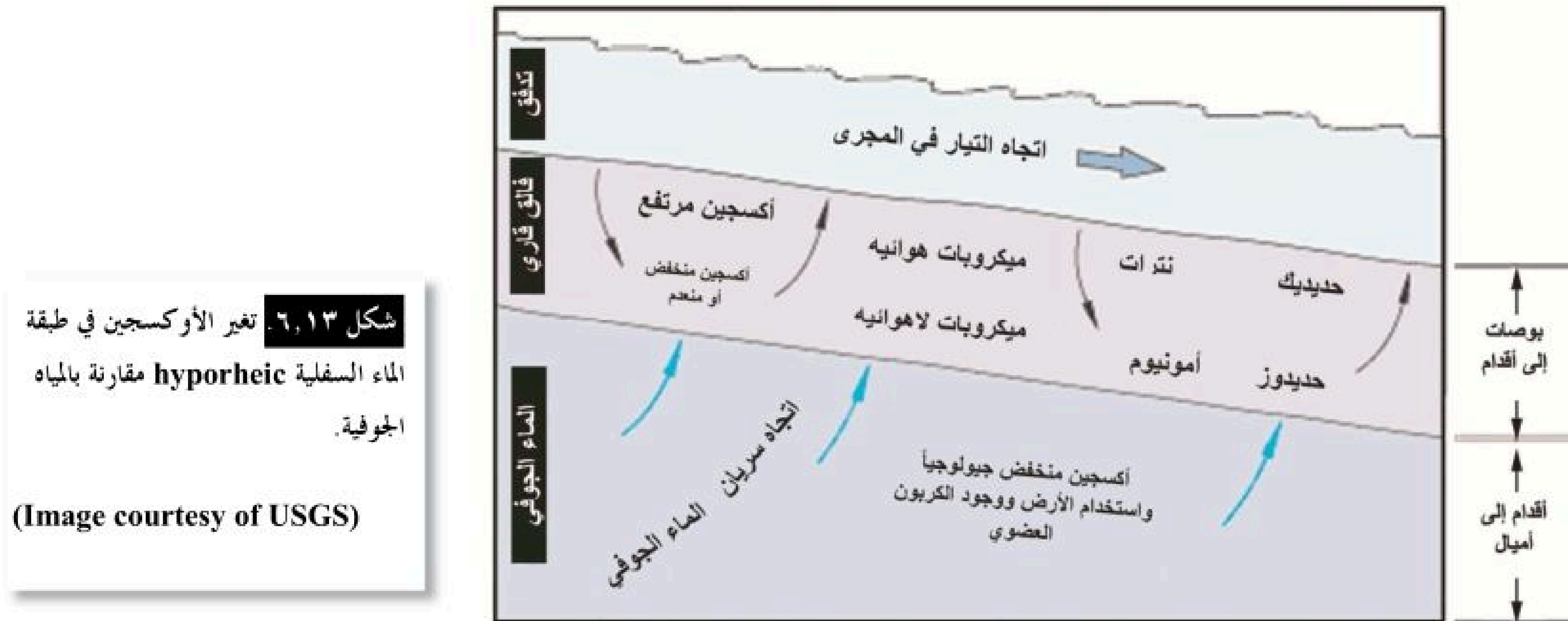
لقد نوقشت مواقع تداخلات المياه الجوفية والسطحية، ومواقع الأراضي الرطبة والأنهار والجداول والبحيرات، المسطحات المائية هي مواقع النقل للمواد الكيميائية بين أنظمة المياه السطحية والجوفية، نطاق التداخل hyporheic هو موقع أول اتصال بين الأنهار والجداول المائية والمياه الجوفية، جودة المياه قد لا تصبح مشكلة إذا لم تتلوث مصادر المياه، ومع ذلك، قد تتلوث كل من المياه الجوفية والمياه السطحية، المياه السطحية هي أكثر عرضة للتلوث، عندما تنتقل عبر حوض التجميع مقارنة بالمياه الجوفية في الطبقة الحاملة للمياه (انظر الشكل ٦,١٢) [١٣].



شكل ٦,١٢. مصادر تلوث المياه الجوفية ضمن حوض التجميع. (Image courtesy of USGS)

على سبيل المثال، أيون النترات (NO_3^-) مكون من النيتروجين وهو أيون متحرك يسير في الماء ويتم نقله بسهولة إلى المياه الجوفية الضحلة في بعض المناطق الزراعية والمجتمعات السكانية من خلال أنظمة خزانات الصرف الصحي والمصارف الحقلية لمعالجة النفايات. تدخل المواد الكيميائية الأخرى المياه الجوفية من خلال سوء إدارة تسربات الزيوت بالقرب من الآبار، أو الإهمال في التخلص من الزيوت، والدهانات، والمبيدات الحشرية، والمنتجات المماثلة. بغض النظر عن نوع الملوث أو الموقع، فإن منطقة التقاطع hyporheic هي باعثة للقلق عند محاولة تجنب مزيد من انتشار التلوث.

يوضح الشكل رقم ٦,١٣ الظروف الموجودة في منطقة التقاطع الفرضية hyporheic. الملاحظات الأولية من الشكل هي وجود الأكسجين والكائنات الحية الدقيقة في تلك المنطقة، ومن المعروف أن هذه المنطقة توفر الدعم لإعداد الطحالب واللافقاريات الصغيرة وكذلك الميكروبات. قد يعيش الذباب الصخري stoneflies بالكامل في هذه المنطقة، ووجود الكائنات الحية بهذه المنطقة يفصلها عن المياه الجوفية العميقة، وهي التي عادة ما تكون خالية من الكائنات الحية ومنخفضة جدا في الأكسجين، وبالإضافة إلى ذلك، يلاحظ أن منطقة التقاطع hyporheic عادة ما تكون صغيرة جدا بالمقارنة مع حجم الطبقة الحاملة للمياه الكلية، ومع ذلك، فإن التفاعلات التي تحدث في منطقة التقاطع hyporheic تؤثر على الطبقة الحاملة للمياه الجوفية بأكملها، وتعتمد الطبيعة الدقيقة لهذه التفاعلات على وجود أو عدم وجود المواد العضوية، والمعادن، واستخدام الأراضي، ونوع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية.



شكل ٦,١٣. تغير الأوكسجين في طبقة الماء السفلية **hyporheic** مقارنة بالمياه الجوفية.

(Image courtesy of USGS)

نقطة مهمة ينبغي أن نتذكر أن منطقة التقاطع hyporheic توجد فقط إذا تلامست مياه المسطح المائي مع طبقة المياه الجوفية التي بها قاع ذو نفاذية عالية، مثل الرمل والحصى الخشن حتى يتم تبادل المياه بين الأنظمة بسهولة. وجود الطين بالقاع يقيد حركة المياه على نحو فعال بحيث إن حركة التبادل بين المياه السطحية والجوفية بطيئة أو غير موجودة، وبالإضافة إلى ذلك، يمكن لمنطقة hyporheic أن تمتد إلى السهول الفيضية وقد تكون موجودة تحت أرض رطبة. إحدى الطرق لتحديد مدى امتداد هذه المنطقة هو وضع بيزومتر (قطاع طولي لأخذ القياسات والتسجيل) لمراقبة تدفق المياه الجوفية على أعماق معينة ومسافات من مصدر المياه.

البيزومتر هو أنبوب ذو قطر صغير (عادة ٥-١٠ سم، أو ٢-٤ بوصة) مع وجود الثقوب (ثقوب محددة) على إمتداد النهاية السفلية للأنبوب. توضع النهاية التي بها الثقوب في حفرة (الحفرة المحفورة بالأرض). سوف تتسرب المياه الجوفية إلى الثقوب بالأنبوب، ويعبأ البيزومتر إلى مستوى مساو لعمق مستوى المياه الجوفية، هذا العمق للمياه الجوفية داخل أنبوب يسمى السطح البيزومتري، ويمكن قياسه بشريط قياس متري، أو الشريط الإلكتروني (جهاز إلكتروني) (انظر الشكل ٦,١٤).

البيزومتر ليس أداة معقدة، ولكن يجب أن يتم تثبيته بشكل صحيح للحصول على قراءات دقيقة لارتفاع المياه الجوفية. بعد وضع مقياس البيزومتر في الحفرة، تتم تعبئة المحيط الخارجي للأنبوب بالرمال، ثم يتم وضع طين البنتونيت لختم الحفرة بالقرب من سطح الأرض لمنع أي احتمال للمياه السطحية الملوثة من الانتقال إلى أسفل خارج البيزومتر، ويستخدم مؤشر لعمق المياه لتحديد القراءات البيزومترية، كما يمكن أخذ عينات من المياه لفحص جودة المياه أيضاً من الأنبوب نفسه، ولتحديد التفاعلات الكيميائية بين المياه السطحية والمياه الجوفية.

جدول ٦,٢. مصادر تلوث المياه الجوفية المحتملة وما تحتويه من الملوثات الرئيسية

المصدر	الملوثات
مدافن النفايات الصلبة	مواد خطرة
مواقف إصلاح المركبات	هيدروكربونات
ساحات الخردة	هيدروكربونات
المنازل	مواد خطرة
مزارع التسمين	نترات ومسببات الأمراض
تجارة المواد الكيميائية الزراعية	هيدروكربونات ومبيدات حشرية ونترات
المتنزهات الطبيعية في المناطق الحضرية	هيدروكربونات ومبيدات حشرية ومسببات الأمراض
أنظمة الصرف الصحي	نترات ومسببات الأمراض
مصانع الأسلحة	مواد خطرة
الصناعات التحويلية	مواد خطرة



شكل ٦,١٤. البيزومتر هو أنبوب بسيط يوضع بالتربة، ولكن المعلومات المتحصل عليها من هذه الأجهزة يمكن أن تكون قيمة جداً.

المناطق التي ليس بها منطقة محددة للتسرب، مثل منطقة hyporheic، عادة ما يكون الاتصال بها أسفل منطقة التربة مع المياه الجوفية، وهذا يوفر إمكانية التلوث من مصادر عديدة. الجدول ٦,٢ يوضح بعضاً من مصادر التلوث، وتختلف أنواع المواد الخطرة المدرجة ولها آثار بيئية مختلفة، يمكن أن تكون المواد الخطرة البنزين، والمعادن، ومواد النفايات المشعة، وأي نوع من مشتقات البترول، ومذيبات التنظيف الجاف، والدهانات، والمبيدات الحشرية ... والقائمة تطول. يعتقد القليل من الناس أن رمي النفط القذر بعد تغيير زيت المحركات إلى

القمامة أو حتى على الأرض، بدلا من أخذه إلى محطة النفايات، يسبب أضرار كبيرة للمياه الجوفية، تصور أنَّ الصناعات تقوم بهذا النهج، المشاكل سوف تتضاعف.

لحسن الحظ، العديد من مناطق العالم لديها قوانين حماية قوية للمياه الجوفية، وأحد الأمثلة الجيدة ولاية تكساس، ولاية تكساس مهتمة جدا بحماية المياه الجوفية، ولها قوانين قوية في ذلك الشأن، من برامج، ورصد. تم تشكيل لجنة تكساس لحماية المياه الجوفية (TGPC) في عام ١٩٨٩ لتنظيم جهود الولاية للمياه الجوفية، على وجه التحديد، من خلال أقسام ٢٦,٤٠١ إلى ٢٦,٤٠٨ من قانون مياه ولاية تكساس، التي تنص على ما يلي:

- تحدد سياسة الولاية لحماية المياه الجوفية.
- يوفر الاعتراف التشريعي TGPC.
- يتطلب TGPC لتنسيق أنشطة أجهزة الولاية لحماية المياه الجوفية.
- يتطلب TGPC لتطوير وتحديث إستراتيجية شاملة لحماية المياه الجوفية للولاية.
- يتطلب TGPC لتطوير نماذج إشعارات تلوث المياه الجوفية.
- يتطلب TGPC لنشر تقرير سنوي.

وثقت لجنة حماية المياه الجوفية في تكساس عبر التقرير المشترك لرصد المياه والتلوث، ١٥٦ صفحة من الانتهاكات داخل ولاية تكساس في عام ٢٠٠٥ [١٤]. وعلى رأس قائمة تلك الملوثات نجد المنتجات النفطية تليها المركبات العضوية، مثل الفينول، وثلاثي كلور الإيثيلين، ورابع كلوريد الكربون، وثنائي كلور الإيثيلين، والنفثالين (والناتج عادة من قبل العمليات الصناعية)، والمبيدات، بما في ذلك الكلور، والأترازين، والبروماسيل، ودايكمبا، وبرومتون؛ ومكونات كريوزوت (غالبا ما تستخدم مع المنتجات الخشبية)، والمذيبات؛ والمعادن الثقيلة، وكلوريد الصوديوم (الأملاح من المصانع) وأيضاً المستخدمة في فصل الشتاء من قبل إدارات الطرق لإذابة الثلج والجليد بالطرق). ويتضمن التقرير الإجراءات المتخذة لمعالجة كل مخالفة.

حقيقة أن المياه الجوفية مراقبة عن كثب والمخالفات لا تسجل فقط، ولكن يتم تصحيحها عن طريق القانون بوجود التزام قوي من لدى عدة جهات بولاية تكساس، هذا هو نموذج للجهد المبذول لكي تستفيد منه المواقع الأخرى.

فكر في الآتي Think about it

تكساس هي ولاية من أكثر الولايات تقدما وثراء في العالم، لديها قوانين بيئية قوية ومواطنين متعلمين، ووكالات تنفيذ على عدة مستويات حكومية، والعديد من المواطنين يرغبون في حماية البيئة. كيف، يمكن للحكومات مع الميزانيات المحدودة التعامل مع تلوث المياه الجوفية؟ في كثير من هذه الحالات، تركز الحكومات الوطنية على الصحة، وفرص العمل، وغيرها من الاحتياجات الإنسانية الأساسية، بينما الاهتمامات البيئية ليست أولويات عالية، هل هناك مسؤولية بيئية عالمية للحكومات أو الأفراد لتقديم الدعم؟

ملخص الفصل Summary points

- تشكل المياه الجوفية نحو ٣٠٪ من موارد المياه العذبة في العالم.

فمن الصعب أن نتصور كيفية إدارة المياه في باطن الأرض، ومع ذلك، إدارة المياه الجوفية أمر أساسي لاستخدام الموارد دون استنفادها.

- لا يقل عن ١,٥ مليار شخص في جميع أنحاء العالم يعتمدون فقط على المياه الجوفية كمصدر وحيد لمياه الشرب.
- تنشأ المياه الجوفية على سطح الأرض من التساقط. تحدد ملامح التربة تسرب المياه والتسرب العميق إلى مواد الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، الطبقات الحاملة للمياه الجوفية هي منطقة مشبعة حيث يتم تخزين المياه الجوفية، وهي تتألف من المواد الجيولوجية بدءاً من الرمال والحصى إلى الحجر الجيري والجرانيت.
- يجب أن يكون الماء قادراً على الانتقال إلى وخلال المواد الجيولوجية. تعبر المسامية عن مقدار مساحة المواد التي تتحرك فيها المياه.
- الوقت الذي يبقى فيه الماء في طبقة المياه الجوفية يسمى فترة البقاء. انخفاض المسامية والحركة البطيئة يسببان في طول فترة البقاء.
- تعدين المياه الجوفية هو استهلاك المياه من طبقة المياه الجوفية بمقدار يزيد على تغذية طبقة المياه الجوفية. التعدين له القدرة على تدمير الطبقة الحاملة للمياه الجوفية نتيجة انهيار المادة الجيولوجية الأساسية.
- يمكن أن يسبب انهيار الطبقة الحاملة للمياه الجوفية انهيارات لسطح الارض تاركة فجوات كبيرة كانت مملوءة بالتربة من قبل.

• يمكن للمياه السطحية والجوفية أن تتداخل بمجموعة واسعة من العمليات الفيزيائية، والكيميائية، والبيولوجية المهمة لكلا النظامين.
• منطقة التقاطع hyporheic هي المنطقة الأولى للاتصال بين الأنهار والجداول المائية والمياه الجوفية. يؤثر النشاط الحيوي في هذه المنطقة في جودة المياه الجوفية.
• يمكن للمياه في نهر أو جدول مائي (فقد الماء من الجدول) الانتقال إلى طبقة المياه الجوفية (تغذية طبقة المياه الجوفية). ويمكن للمياه الجوفية الانتقال إلى النهر (تصريف من طبقة المياه الجوفية وكسب للجدول المائي). يسمح هذا التبادل لاختلاط المياه من المصدرين مع قضايا جودة المياه.
• وبالمثل، يمكن أيضا تغذية المياه الجوفية من الأراضي الرطبة، أو البحيرة وتصرف المياه فيهما.
• الحفاظ على جودة المياه في الطبقة الحاملة للمياه الجوفية مصدر إهتمام على مستوى العالم لأنها أساسا مصدر مهم لمياه الشرب.
• من العسير تنظيف الملوثات من المياه الجوفية مقارنة بالحفاظ عليها من التلوث.
• وبما أن طبقة المياه الجوفية طبقة مشبعة وعميقة في باطن الأرض، فهناك القليل من النشاط الحيوي للتأثير على كيمياء الماء، أو لإزالة أو تحويل الملوثات. التجوية الجيوكيميائية، وهي تفكك المواد الجيولوجية كيميائياً.
• مناطق حماية المياه الجوفية خاصة في مناطق التغذية ضرورية للحفاظ على جودة المياه الجوفية.

الاسئلة للتحليل Questions for analysis

١. ترغب شركتك في تطوير إحدى وحداتها في منطقة تغذية طبقة المياه الجوفية الرئيسية. فيما يتعلق بالتنمية المستدامة، ماذا تقترح من خطط في المشروع لحماية المياه الجوفية؟

أ. سوف تختلف الإجابات، وينبغي البدء بالتخطيط الدقيق؛ النظر بالأحزمة الخضراء، ومفاهيم القرية، والتقليل من الأسطح غير المنفذة، وتعليم الجمهور بطرق منع تلوث المياه الجوفية بالأسمدة الزائدة أو غيرها من المواد الكيميائية، والنفط من السيارات، واستخدام المواد الخضراء، الخ.

٢. لماذا ينظر العديد من المختصين في مجال المياه إلى إدارة المياه الجوفية بأنها أكبر مشكلة لموارد المياه في القرن الحادي والعشرين؟ هل توافق ولماذا؟

أ. سوف تختلف الإجابات، ينبغي الأخذ في الاعتبار الموقع، والمصدر البعيد، وتناقص الموارد، والحدود السياسية المتعددة، والعديد من المستخدمين. مشكلة رئيسية أخرى هي العواقب غير المقصودة لاستخدام المياه الجوفية التي تتراوح بين فقد التدفق الأساسي في المجرى المائي وهبوط الأرض.

٣. بعض الطبقات الحاملة للمياه الجوفية لديها مسامية عالية والبعض الآخر مساميته منخفضة، أي من خواص طبقة المياه الجوفية هي المسؤولة إلى حد كبير عن المسامية، وأي من خصائص طبقة المياه الجوفية تتأثر بالمسامية؟

أ. الطبقات الحاملة للمياه الجوفية والمتكونة من الرمل والحصي غير المترابطة، الموجودة في المواد الرسوبية لبعض أودية الأنهار، توجد بها الشقوق المترابطة والفراغات المسامية التي تكون كبيرة وعديدة بما يكفي للاحتفاظ بالمياه الجوفية في حين السماح لها بالتحرك بحرية، ويقال إن هذه المواد لها مسامية عالية (الجدول ١ ,٦). المواد المجمعة يعني المواد الجيولوجية مثل حبيبات الرمل، والطمي، أو غيرها من المواد التي تلتحم ببعضها بعضاً، مثل الحجر الرملي وهي تكوينات أقوى، ولها مسامية منخفضة (قدرة على المياه الجوفية في البقاء بين حبيبات الرمل والحصى) ونفاذية منخفضة.

ب. يسمى معدل حركة المياه الجوفية في الطبقة الحاملة للمياه بالتوصيل المائي. يقال عن التكوين الذي يسمح للحركة السريعة نسبيا من المياه الجوفية بأنه عالي التوصيل المائي، أو لديه قدرة عالية للتوصيل المائي، في بعض الحالات، قد تتحرك المياه الجوفية عدة أمتار، أو أقدام في يوم واحد خلال المواد عالية التوصيل المائي؛ في المكونات الجيولوجية منخفضة التوصيل المائي، مثل الطين أو الطفلة، فقد تتحرك المياه الجوفية بضعة سنتيمترات، أو بوصات في القرن (ص ٢١٩-٢٢٠).

٤. تصريف المياه الجوفية عنصر مهم لإمدادات المياه في حوض التجميع.

اشرح كيف يرتبط ذلك بالأراضي الرطبة.

أ. قد يساعد تصريف المياه الجوفية في الحفاظ على مستويات المياه في الأراضي الرطبة، كما أن الأراضي الرطبة تسرب المياه إلى المياه الجوفية عندما تكون المياه السطحية وفيرة (ص ٢٢٩-٢٣٠).

٥. كيف يتغير اتجاه حركة المياه من مجرى مائي إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، ومن الطبقة إلى المجرى المائي على طول نهر؟

أ. تعتمد التداخلات بين المياه الجوفية والسطحية على الوقت من العام، والعواصف المطرية، والاختلافات الجيولوجية على طول مجرى النهر. بالنسبة لتدفق المياه السطحية إلى نظام المياه الجوفية، فإن الارتفاع، أو ارتفاع المياه في المجرى يجب أن يكون أعلى من منسوب المياه الجوفية. بالنسبة لتسرب المياه الجوفية إلى مجرى، والبركة، أو الأراضي الرطبة، يجب أن تكون الحالات العكسية موجودة. يمكن لضخ المياه الجوفية في هذه الأنواع من الأنظمة أن يكون لها تأثير عميق على اتجاه حركة المياه الجوفية ولا سيما بالقرب من شواطئ المسطحات المائية. في المناطق الجبلية، تحلل جذور النباتات والشقوق في الصخور تسمح بحركة كميات كبيرة من الرطوبة عبر باطن الأرض، توجد الينابيع في بعض المواقع، ذوبان الثلوج والعواصف المطرية يمكن أن يزيدا من قدرة التسرب في طبقة المياه الجوفية المحدودة مما ينتج عنه زيادة في التدفق في مختلف البيئات. بعض الجداول المائية لا يوجد بهاسهول فيضية متطورة، ويقتصر كمية تقاطع المياه الجوفية والسطحية على الفيضانات والبخر نتح. في هذه الظروف، تختلف كميات التقاطع موسميا (ص ٢٢٦-٢٣٠).

٦. كيف تؤثر التجوية الجيوكيميائية على جودة المياه الجوفية؟

أ. هذا هو ببساطة موضوع تجوية الصخور والمعادن الناتجة عن تفاعلها مع الماء. عندما تطول فترة تلامس المياه مع المعادن، فالمزيد من الذوبان يحدث للعناصر غير العضوية الرئيسية. جودة المياه الناتجة تعتمد على الوقت، وأنواع المعادن الموجودة (ص ٢٣٢ - ٢٣٣).

٧. ما هي بعض من عواقب تعدين طبقة المياه الجوفية؟

أ. يؤدي نقص المياه، والأضرار التي تلحق ببناء الطبقة الحاملة للمياه الجوفية إلى فقدان القدرة على تغذيتها، وهبوط الأرض (ص ٢٢٣-٢٢٤).

لمزيد من القراءة

Pielou, E. C., 1998, Fresh Water, Chicago, Ill.: University of Chicago Press. US Geological Survey, 1998, "The hydrologic cycle and interactions of ground water and surface water," http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/ htdocs/natural_processes_of_ground.htm#interact

المراجع

[1] Isaiah Bowman, 1937, "Headwaters control and use: influence of vegetation on land–water relationships," Proceedings of the Upstream Engineering Conference, Washington, D.C., pp 76–95

[2] USAID Environment, "Water: groundwater management," http://www.usaid.gov/our_work/environment/water/groundwater_ mgmt.html, February 2007

[3] US Geological Survey, "Water science for schools," http://ga.water. usgs.gov/edu/qausage.html#HDR10, February 2007

[4] US Geological Survey, 1972, Water Supply Paper #1988, Washington, D.C.: US Government Printing Office

[5] Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG), 1998, Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, Washington, D.C.: FISRWG

[6] The Joint Academies Committee on the Mexico City Water Supply Water Science and Technology Board Commission on Geosciences, Environment, and Resources National Research Council, Academia Nacional de la Investigacio´n Cientı´fica, and Academia Nacional de Ingenierı´a, 1995, Mexico City's Water Supply: Improving the Outlook for Sustainability, Washington, D.C.: National Academy Press

[7] Devin Galloway, David R. Jones, and S. E. Ingebritsen, 1999, Land Subsidence in the United States, US Geological Survey Circular #1182, Denver, Colo.: US Government Printing Office

[8] US Geological Survey, 1998, "The hydrologic cycle and interactions of ground water and surface water", http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/ htdocs/natural_processes_of_ground.htm#interact, February 2007

[9] Thomas C. Winter, Judson W. Harvey, O. Lehn Franke, and William M. Alley, 1998, Ground Water and Surface Water: A Single Resource, US Geological Survey Circular #1139, Denver, Colo.: US Government Printing Office

[10] Winter et al., Ground Water and Surface Water 194 GROUNDWATER

[11] Environment Canada, "Groundwater and wetlands," http://www.ec. gc.ca/water/en/nature/grdwtr/e_grdwet.htm, February 2007

[12] R. J. Hanks and G. L. Ashcroft, 1980, Applied Soil Physics: Soil Water and Temperature Applications, New York: Springer-Verlag

[13] US Environmental Protection Agency, Office of Water, 2000, The History of Drinking Water Treatment, 4606 EPA-816-F-00-006, Washington, D.C.: US Government Printing Office

[14] Texas Groundwater Protection Committee, July 2006, Texas Commission on Environmental Quality, Joint Groundwater Monitoring and Contamination Report 2005 (out of print publication), Austin, Tex., http://www.tceq.state.tx.us/assets/public/comm_exec/pubs/sfr/056_05/ 05–2.pdf, August 2007

الفصل السابع

البحيرات والبرك
Lakes and ponds

البركة البيضاء وبركة والدن هما كبلورات كبيرة على سطح الأرض، ويطلق عليهما بحيرات النور. لأنهما الأكثر عطاء بشكل دائم، فإنهما صغيرتان بما يكفي لأن يحملا بواسطة الخدم، مثل الأحجار الكريمة، لتزين رؤوس الأباطرة، ولا تحتويان على أي وحل، وسيستمر يجري الماء بوفرة وأمان بهما لنا ولخلفائنا من بعدنا إلى الأبد، ونحن نهملهما، فهما نقيتان جدا مثل نقاء ماسة كوهينور Kohinoor. ولايقدران بمال. وأكثر جمالا من حياتنا، وأكثر شفافية من شخصياتنا، نحن لم نتعلم منهما الشيء المضر. ههنا البط البري النظيف القادم. لا يوجد بالطبيعة من الساكن البشري الذي يقدرها. الطبيعة تزدهر أكثر وحدها، بعيدا عن المدن التي يقيم فيها البشر. الحديث عن السماء! أنتم عار على الأرض.

هنري ديفيد ثورو Henry David Thoreau، الكاتب الأمريكي (١٨١٧-١٨٦٢) [١]

الخطوط العريضة للفصل Chapter outline

- مقدمة
- أنواع البحيرات
- هيكل البحيرات
- كيمياء البحيرات
- شبكات الغذاء
- رأيان متناقضان لبحيرتين

المقدمة
Introduction

ينسب لهنري ديفيد ثورو مع العديد من الناس بداية الحركة البيئية مع خطابه عن فضائل الطبيعة ودور الإنسان. الفقرة أعلاه تربط أفكاره بالكلمات القليلة عن جمال ونقاء الطبيعة والمواضيع المشتركة في كتاباته، ومع ذلك، فهو أيضا رأى عدم قدرتنا على استخدام وإظهار الاحترام للطبيعة دون تدميرها. واحدة من العبارات المفضلة من كتابات هنري ثورو "لا تكون أخلاقياً جدا، تستطيع خداع نفسك في كثير من أمور الحياة، الهدف أعلى من الأخلاق، لا تكن طيباً بكل شيء، كن جيدا في بعض الأمور". ما هو أفضل تكريم لشخص من مقولة "الشخص الجيد في عمل محدد، أنجز شيئا ما، وعمل فرقاً في شيء ما؟" وما هو أفضل عمل يعمله الشخص غير حماية مياه الأرض؟

البحيرات والبرك كيف نميز بين الاثنين؟ البرك هي التي شيدها الإنسان لسقاية ماشية المزرعة مثل قطيع الأبقار، هذا الاستخدام معروف بشكل جيد، ولا يوجد مشكلة في وصفها بأنها "البرك". شيدت برك حيوانات القندس أيضا لغرض محدد عند حصول حالات غمر بالمياه، ووصفها بأنها بركة يبدو إنه الصحيح، كيف يمكن مقارنتها ببركة والدن موقع ثورو البيئي الإلهامي في ولاية ماساشوستس؟ بركة والدن بركة جليدية، وتسمى "غلاية" (وهي أكبر قليل من الهبوط الأرضي)، وتشكلت من ذوبان بقايا الجليد منذ ١٠٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ سنة مضت، عمقها ٣٠ متراً (١٠٠ قدما)، وناصعة، وجزء من نظم الحياة المائية، لماذا، إذن، لا يطلق على بركة والدن بحيرة؟

الجواب ربما يكمن في التسمية الأصلية للمعلم الأساسي، فالناس مثلا اعتادوا على تسمية البحيرات العظمى، وعليه فإن مساحة ٢٥هكتاراً (٦١ ايكر) لمسطح مائي يمكن أن تسمى أو ترى كبركة فقط، والحقيقة هي أن الكثير من البرك هي نفسها بحيرات، في بعض النواحي، التسميات هي إلى حد كبير مجموعة من الاتفاقيات بدلا من التعريف الرسمي ومن هنا، فالبحيرة يمكن أن تعرف بأنها "بركة"، التي مساحتها أكبر بقليل من البركة تسمى "بحيرة". في هذا الفصل، سوف نستخدم مصطلح "البحيرة" في معظم الأحيان، مع الأخذ في الاعتبار الافتراضات الأساسية الآتية، أو الاتفاقيات:

(١) البرك أصغر من معظم البحيرات
(٢) البرك مياهها ضحلة، وبالتالي:

- لا يوجد بها طبقات.
- وأكثر دفئا في فصل الصيف.
- يمكن تتجمد بالكامل في فصل الشتاء.
- يمكن أن ينمو في قاعها النبات.

خصائص البرك والبحيرات متشابهة كيميائياً وبيولوجياً، ولكن على نطاق أصغر في البرك.

بحيرات المياه العذبة تغطي حوالي ١,٥١ مليون كيلومتر مربع (٥٨٣ ألف ميل مربع)، أي أقل من ١ ٪ من سطح الأرض، وتضيف البحار الداخلية المالحة مليون كيلومتر مربع (٣٨٦ ألف ميل مربع) [٢]. تقدر مساحة سطح الأرض ب ٥٠٩,٦ مليون كيلومتر مربع (١٩٧ مليون ميل مربع). حوالي ١٤٩ مليون كيلومتر مربع (٥٧,٥ مليون ميل مربع) هي أراض صلبة، قد لا تشكل سمات المياه جزءاً كبيراً من مساحة سطح الأرض، ولكنها توفر فوائد بيئية وبشرية هائلة في جميع أنحاء العالم.

هناك العديد من العوامل الخارجية الحاسمة يجب اخذها في الاعتبار عند دراسة البحيرات. وتشمل هذه العوامل، كيف تشكلت البحيرة، والحجم، والشكل، والتضاريس، وكيمياء حوض التجميع، والمناخ الإقليمي، والمجتمعات المحلية الحيوية، وأنشطة البشر خلال القرن الماضي [٣]. سوف تتعرف على هذه العوامل عند دراسة خصائص حوض التجميع في الفصل الخامس.

أنواع البحيرات Lake types

يمكن تصنيف البحيرات بعدة طرق تبعاً للحاجة ومهارات المراقب، وبالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام التصنيف غالبا ما يكون العامل الحاسم في كيفية تطوير البحيرة، ستتم دراسة نظم التصنيف الثلاثة: تشكيل البحيرة من الحوادث الجيولوجية، وخصائص الهيدرولوجيا والصرف، وحالة التغذية.

تشكيل البحيرة من الأحداث الجيولوجية Lake-forming geologic events

النشاط الجليدي Glacial activity

تتسبب الصفائح الجليدية الضخمة في حفر الثقوب عبر المناطق الشمالية من أمريكا الشمالية، وأوروبا، وآسيا خلال العصر الجليدي الأخير الذي انتهى منذ حوالي ١٠ آلاف سنة مضت، وبحدوث تغير بالمناخ تطور

الاحتباس الحراري، وبدا الجليد الذائب في ملء العديد من هذه المنخفضات بالمياه في حالات أخرى، تشكلت البحيرات بعد قطع من الجليد مدفونة داخل الصخور والحصى والتربة تذوب وتملأ الأحواض بالماء. يسمح الركام الجليدي بتشكيل يسمح بحجز الوديان القديمة وتشكيل السدود الطبيعية، الحفر الصغيرة في السهول (التي تسمى أحيانا " البحيرات الصغيرة kettle") هي أيضا نتيجة لنشاط جليدي، وتوجد بشكل رئيسي في ولاية داكوتا الشمالية، وداكوتا الجنوبية، ولاية ويسكونسن، ومينيسوتا في الولايات المتحدة، ومانيتوبا، وساسكاتشوان، وألبرتا في كندا. تم تشكيل هذه البحيرات الصغيرة والمناطق الرطبة من الأنهار الجليدية على التضاريس الطبيعية في الغرب الأوسط الأعلى للولايات المتحدة، وعبر جنوب وسط كندا، خلال العصر الجليدي. للأسف، لقد استنزفت أكثر من نصف هذه الحفر الصغيرة "البحيرات"، أو عملت على تغييرها إلى الاستخدام في القطاع الزراعي [٤]. كانت الأنهار الجليدية جزءاً من المناظر الطبيعية لآلاف السنين.

النشاط البركاني Volcanic activity

الفوهات البركانية مناطق على شكل حوض تشكلت من الهبوط، أو الانهيار البركاني وهي وهي تملأ أحياناً بالماء. بحيرة كراتر Crater في جبال كاسكيد بولاية أوريغون في أمريكا الشمالية هي مثال على ذلك، تقع البحيرة داخل الفوهة البركانية، أو الحوض البركاني الذي تم إنشاؤه عندما انهار جبل مزاما Mazama أكثر من ٧٠٠٠ سنة مضت بعد ثوران بركاني كبير. لا توجد مصبات، أو منافذ لبحيرة كريتر، وبعمق ٥٩٢ متراً (١٩٤٣ قدما)، فهي أعمق بحيرة في الولايات المتحدة، والسابعة في العالم، وهي تقع ضمن منتزه بحيرة كريتر الوطني في جنوب ولاية أوريغون الجنوبية (انظر الشكل ٧,١) [٥].

بحيرة توبو، في شمال الجزيرة النيوزيلندية، هي مثال آخر على الفوهة البركانية التي أصبحت بحيرة (انظر الشكل ٧,٢). بحيرة توبونويتيا ماوري وهو الاسم الكامل لها، وعرض هذه البحيرة حوالي ٤٠ كيلومتراً (٢٥ ميلا)، وعمقها يصل إلى ١٨٦ متراً (٦١٠ أقدام)، وتعد أكبر بحيرة في نيوزيلندا، وتقع بالقرب من البركان النشط عند جبل Ruapehu وجنوب من مدينة روتوروا، وتعد المقصد السياحي للعديد من السياح لمشاهدة النشاط الجيولوجي المستمر لفتحات البخار، والأواني الطينية، والسخانات. حدثت آخر الانفجارات البركانية من جبل Ruapehu في عامي ١٩٩٥ و١٩٩٦.



شكل ٧,١. بحيرة كريتر Crater بولاية أوريجن، الولايات المتحدة، من وجهة نظر رائد فضاء.

(Image courtesy of the Image Science and Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center, http://eol.jsc.nasa.gov image #ISS006-E-15238).



شكل ٧,٢. بحيرة توبو Taupo في شمال جزيرة نيوزيلندا وهي بحيرة بركانية.

(Photograph by Bo-deh at Wikimedia Commons)

النشاط التكتوني Tectonic activity

يمكن للنشاط التكتوني (حركة القشرة الأرضية) إنشاء بحيرات من تشكيل الصدوع (الشقوق في الصخور) التي تملأ بالماء، البحر الأحمر في الشرق الأوسط، وبحيرة تنجانيقا في شرق أفريقيا، وبحيرة بايكال في

روسيا، كلها أمثلة على البحيرات الناشئة من التصدع. هذه المناطق عرضة للزلازل والنشاط البركاني وهي مرتبطة بالحركة التكتونية.

على ارتفاع ١٦٣٧ متراً (٥٣٧١ قدماً)، تقع بحيرة بايكال وهي أعمق وأقدم بحيرة في العالم، وأكبر بحيرة للمياه العذبة من حيث الحجم. انها تحمل ما يقرب من ٢٠٪ من المياه العذبة في العالم، التي تساوي كل المياه الموجودة في البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية. تقع بحيرة بايكال في الوادي المتصدع في جنوب سيبيريا الذي تم فصله ببطء بسبب النشاط التكتوني (الشكل ٧,٣). أدرجت ضمن قائمة اليونسكو (الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة) كموقع للتراث العالمي في عام ١٩٩٦ بسبب قيمتها المادية والبيولوجية [٦].



شكل ٧,٣. بحيرة بايكال Baikal، هضبة سيبيريا، روسيا، توجد تحت الصدع القاري الذي تكون قبل ٢٥ مليون عاما من النشاط التكتوني.

(Photograph by Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response team, NASA/GSFC.)

وتعتبر بحيرة تنجانيقا ثاني أكبر بحيرة للمياه العذبة في العالم، من حيث الحجم، والثانية في العمق أيضا (انظر الشكل ٧,٤). وهي تقع في وادي الصدع العظيم في أفريقيا الوسطى، وتقع ضمن حدود كل من بوروندي وجمهورية الكونغو الديمقراطية وتنزانيا وزامبيا، وقد كانت منطقة لدراسات واسعة بخصوص تطور الإنسان. منذ عام ٢٠٠٤، تم التركيز على البحيرة بخصوص "مبادرة المياه والطبيعة" برعاية الاتحاد الدولي للمحافظة على الطبيعة والموارد الطبيعية (IUCN)، وهي منظمة دولية مكرسة لصون الموارد الطبيعية ومقرها في سويسرا.



شكل ٧,٤ بحيرة تنجانيقا الساحلية ضمن منتزه جومبو الوطني.

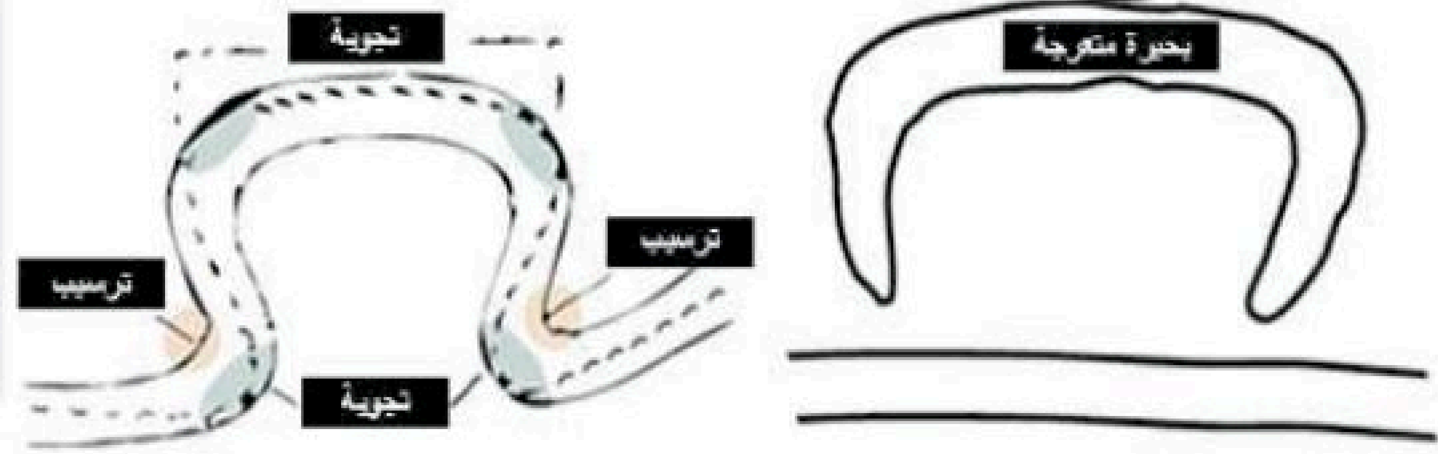
(Photograph by Andrew Cohen, University of Arizona at Tucson; National Science Foundation.)

النشاط الهيدرولوجي Hydrologic activity

قد تتكون البحيرات من العمليات الطبيعية لتدفق المياه في النهر. ومع مرور الوقت، يمكن أن تسبب التعرية المائية لضفاف الجداول المائية من إزالة جزء من النهر وتسمى في هذه الحالة قناة المجرى المهملة abandoned stream channel. عندما لا يصل تدفق مياه النهر إلى هذه المنطقة، وتصبح راكدة، تصبح ما يطلق عليه البحيرة القوسية oxbow lake (انظر الشكل ٧,٥). هذه البحيرات على شكل U شائعة على طول الأنهار المتعرجة مثل نهر المسيسيبي في الولايات المتحدة (انظر الشكل ٧,٦) ونهر سونغهوا في شمال شرق الصين.

في أستراليا، يطلق على البحيرة القوسية اسم "بيلا بونج **billabong**". مشتق من الكلمتين للشعب الأسترالي الأصلي: **bilia** وتعني "الخور" وكلمة **bong** وتعني "الموت".

يمكن أيضا أن تشكل النشاطات الهيدرولوجية البحيرات عندما تتراكم كميات كبيرة من الرواسب خاصة الرمال، وتحجز مساحة على الخلجان الساحلية، وتسمى عادة بالبحيرات الضحلة lagoons بدلا من البحيرات. (قد تتشكل البحيرة الضحلة عن طريق الشعاب المرجانية، أو ميزة أخرى مماثلة). غالبا ما تسمى البحيرات الساحلية الضحلة بالخلجان والأنهار والبحيرات في الدول الناطقة بالإنكليزية، بينما في المكسيك يطلق عليها لاغونا laguna، وهذا يعني "البحيرة". تتشكل البحيرات ذات الحاجز barrier lakes من الحواجز الرملية عادة في المناطق الساحلية والمياه المالحة، بينما تتشكل بحيرات الحفر الضحلة sinkhole lakes في أي وقت عندما تهبط الأرض ثم تملأ بالماء (الشكل ٧,٧). يمكن أن تتشكل هذه البحيرات في المناطق المرتفعة في كربونات الكالسيوم



شكل ٧,٥. تتشكل بحيرات المنعطفات (القوسية) Oxbow نتيجة للرواسب وعمليات التعرية التي تزيد من قطع المنعطفات من النهر. مع مرور الزمن، قد تصبح بحيرات المنعطفات سلتية وبالتدريج تتحول إلى أراضٍ رطبة ثم إلى أراضٍ.



شكل ٧,٦. هذه الصورة من ولاية ميسيسيبي، الولايات المتحدة، تبين تشكيلات من بحيرات المنعطفات التي أنشئت بسنوات من الهيدرولوجية النهرية.
(Image courtesy of Google Earth)

أو غيرها من الأملاح الذائبة (مثل التضاريس الكارستية). هذه العملية تترك مساحة من الفراغ مما يساعد في هبوط الأرض (ومن هنا سميت بحيرات الحفر الضحلة "sinkhole"). كما يمكن أن تتشكل الحفر الضحلة تدريجياً، أو فجأة عندما تتفرق حبيبات الطين في التربة بسبب زيادة تركيز الصوديوم في الماء، مما يسبب عدم إستقرار التربة وهبوطها. عملية أخرى للحفر الضحلة، وهي عندما تنزلق المواد الجيولوجية بعيداً عن بعضها بعضاً مثل انزلاق الرواسب الجليدية الانزلاق إلى شقوق الصخور، وأخيراً، يمكن لعمليات التجفيف والأكسدة للمواد العضوية في التربة أن يؤدي أيضاً إلى تكوين الحفر الضحلة.



شكل ٧.٧. هذه الحفرة تطورت حول بئر نفطية في مقاطعة بارتون، كانساس، الولايات المتحدة. كان هبوطاً سريعاً على شكل مخروطي ويمتلئ بالماء في غضون ساعات. غلاف بئر الماء العمودي يمكن أن يشاهد باعتباره خطاً مستقيماً على الجزء الأيسر من وسط الحفرة، وهنا كل شخص واقف خارج الحفرة في الجزء السفلي الأيسر من الصورة.

(Photograph by Larry Panning April 24, 1959, Kansas geological Survey)



شكل ٧.٨. خزان **Flaming Gorge**، يوتا، الولايات المتحدة. أنجز في عام ١٩٦٢. أنشئ السد على خزان يبلغ طوله ٩١ ميلا (١٤٥ كيلومترا) مع ٣٥٠ ميلاً (٥٦٠ كم) من الشاطئ لتوليد الطاقة الكهرومائية وتخزين المياه. وهو مشهد جميل أن ترى الأخاديد من ولاية يوتا والمراعي الميرمية في ولاية وايومنغ.

(Photograph by Karrie Pennington)

توجد بحيرات الحفر الضحلة في جميع أنحاء العالم بسبب تنوع آلية تشكيلها، وتختلف أحجامها من بعض أمتار قليلة (قدم)، إلى أكثر من ١٠٠ متر (عدة مئات من الأقدام) أفقياً وبالعمق.

النشاط البشري والحيواني Human and other animal activity

البحيرات المشيدة التي يطلق عليها الخزانات، عادة ما تكون نتيجة لبناء السدود، بالرغم من أن هذه البحيرات ليست طبيعية المنشأ، إلا أن بيئتها تعتبر معقدة ومثيرة للاهتمام، مثل: البحيرات الطبيعية، وتدار عادة الخزانات بدقة؛ لأنها بنيت لأداء وظيفة مثل تخزين المياه والتحكم في الفيضانات، أو الترفيه. تضيف إدارة الإنسان براعة لوظيفة البحيرة، وعملية أخرى من التعقيد إلى بيئة البحيرة، ويمكن أن تحد أيضاً من بعض الوظائف، مثل حركة الأسماك، في أي من الجداول المائية المرتبطة بها. في معظم الأحيان، تصبح الخزانات مصدراً رئيسياً للسباحة والصيد والتخييم والأنشطة المائية الأخرى للمجتمع المحلي، ومع ذلك، يمكن أن تصبح هذه الاستخدامات مثيرة للجدل عندما يكون الاستخدام العام للمياه موضوع صراعات مع الوظائف الأصلية للخزان (انظر الشكل ٨ , ٧).

خبير آخر في بناء السدود الصغيرة، لا يخلو ذلك من الجدل، هو حيوان القندس، هذه القوارض شبه المائية تعيش في أوروبا وأمريكا الشمالية. القندس يشارك في حفر البرك، أو البحيرات (انظر الشكل ٩ , ٧) بواسطة بناء السدود على المياه الجارية في الأنهار والجداول، وخلق بيئات مختلفة في كثير من الأحيان عن الأصل خصوصا عند حدوث الفيضان في منطقة الأشجار. تم تحويل مساحات واسعة من الأراضي الرطبة الصلبة المنخفضة في جنوب الولايات المتحدة إلى برك الأراضي الرطبة بفعل القنادس، غالبا ما تتم إزالة السدود التي أنشأها القندس خوفاً من عودة المياه إلى الأراضي الزراعية بعد الفيضانات التي تحتاج إلى حماية.



شكل ٧,٩ حيوان القندس عمل بركاً صغيرة بسد الجداول المائية بالوحل، والاغصان، والحطام.

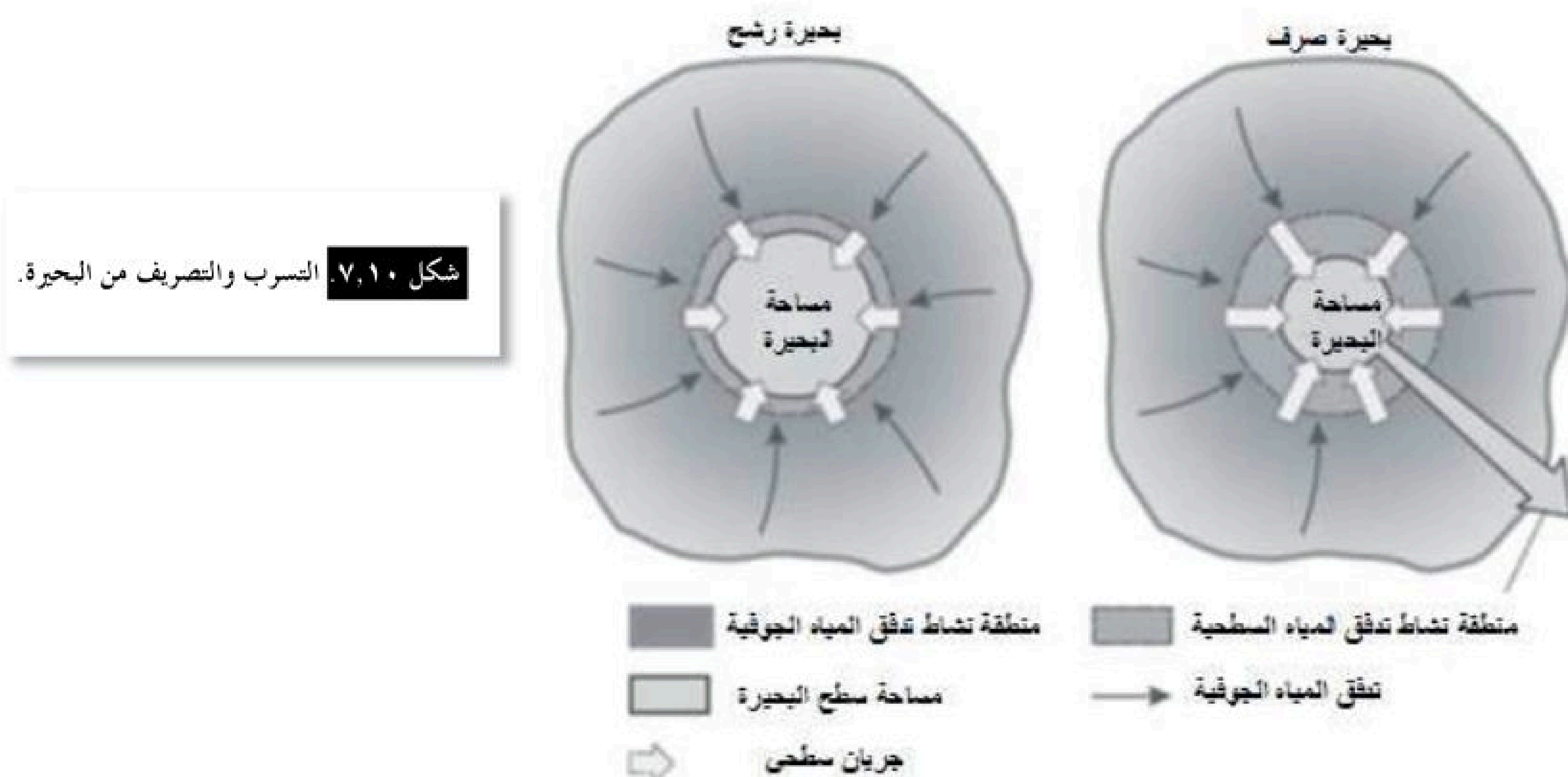
(Photograph courtesy of National Park Service [Beaver dam in Canyon area of Yellowstone National Park, US] Harlan Kredit; 1973)

خصائص الصرف المائي Hydrology-drainage characteristics

يمكن وصف البحيرات من الناحية الهيدرولوجية حسب مصدر المياه وصرفها من البحيرة. مصادر المياه لبحيرات التسرب هي المياه الجوفية والأمطار، ولذلك، فإن مستويات بحيرات التسرب تعكس عن كثب مستويات المياه الجوفية تحت قاع البحيرة. إن بحيرات التسرب ليس لها مخرج لتصريف المياه، ولكن تفقد المياه من خلال التبخر (كما يحصل في جميع البحيرات). زمن البقاء (الزمن الذي تبقى المياه هذه في موقع معين) طويل نسبيا بالمقارنة مع بحيرات الصرف.

تم العثور على واحدة من أكبر سدود القنادس المعروفة بالقرب من مدينة Three forks، بولاية مونتانا، وهي بطول ٦٥٢ متر (٢١٤٠ قدم)، وإرتفاع ٤ متر (١٤ قدما)، وبعرض ٧ أمتار (٢٣ قدم) في القاعدة [٧]. القندس المتوسط يزن حوالي ١٤ كجم (٣٠ رطلا). وقد وجد واحد يعتبر ألاكبر في ولاية ويسكونسن في عام ١٩٦٠. وزنه ٤٢ كجم (٩٢ رطلا) [٨].

بحيرات الصرف لها منفذ لدخول المياه وخروجها، والقليل منها (إن وجد) يكون ناتجاً من تسرب المياه الجوفية إليها. مساحة البحيرة أصغر من مساحة بحيرة التسرب، ويجمع جريان المياه السطحية من العواصف المطرية. تهيمن مستويات البحيرة على حجم مخرج المياه. خزانات الصرف هي عادة تقليد لبحيرات الصرف، لأن كل منهما لديه مداخل، ومنافذ لتصريف المياه. يمكن لبحيرات الصرف أن تكون مصدراً للمياه الجوفية بصورة أساسية، ولكن ليست شائعة على نطاق واسع (انظر الشكل ١٠ ,٧) [٩].



شكل ٧,١٠. التسرب والتصريف من البحيرة.

حالة التغذية، أو التصنيف Trophic status or classification

يمكن تقسيم البحيرات إلى فئات على أساس مستواها من المواد الغذائية، وبالتالي نمو الكائنات الحيوية وتسمى الوضع الغذائي trophic status. الوضع التغذوي هو مقياس للإنتاجية بالبحيرة. البحيرات غنية التغذية Eutrophic هي الغنية بالمغذيات، مثل بحيرة تعج بالأسماك الصغيرة Bass، في حين أن البحيرات قليلة التغذية Oligotrophic، من ناحية أخرى، هي فقيرة بالمغذيات مثل بحيرة بأعلى الجبال مع أعداد قليلة من سمك التروات trout. البحيرات متوسطة التغذية Mesotrophic وهي في مكان ما بين الفقيرة والغنية بالمغذيات. يمكن للبحيرة التطور بشكل طبيعي من البحيرات قليل التغذية إلى الغنية بالتغذية مع الزمن، أو من الممكن أن تغير معدلات التغير (أسرع، أو أبطأ) نتيجة للتغيرات في أحواض التجميع الخاصة بها. تنتج التغذية الزائدة Eutrophication عندما تتراكم المغذيات والرواسب والطمي، والمواد العضوية من أحواض التجميع المحيطة في البحيرة. يمكن أن تستغرق هذه العملية آلاف السنين، ولكن الأنشطة البشرية عادة ما تسرع العملية، ويمكن رؤية هذا العامل البشري في جميع مناقشاتنا للموارد المائية.

التغذية الملائمة Eutrophication (بشرية النشأة) تسبب زيادة في نمو الطحالب ونمو النباتات الجذرية التي تعيش في الماء، وحيث إن النباتات تنتج الأكسجين فهي أيضاً تستخدم الأكسجين ليلا في التنفس، كما أن عند موت النباتات تصبح النباتات الميتة مواد عضوية تسمى المخلفات (detritus)، وتتحلل بواسطة الكائنات الدقيقة للأغذية إلى غذاء من خلال عمليات الأكسدة. هذه العمليات تستنزف مستويات الأكسجين الذائب (DO) في البحيرة، وهذه عملية سيئة بالنسبة للأسماك وغيرها من الأحياء التي تعتمد على الأكسجين الذائب في الماء للتنفس. نفوق الأسماك هي عملية شائعة جدا خلال أشهر الصيف الحارة في البحيرات الضحلة.

في بعض الأحيان يوجد في البحيرات مناطق متنقلة للأوكسجين، فالحيوانات الطليقة يمكن أن تتحرك إلى مناطق أخرى حتى يتحسن مستويات الأكسجين المذاب، أما الأحياء غير المتنقلة لا تحقق نتائج جيدة (انظر الجدول ١ ,٧) [١٠]. تستهلك الكائنات الدقيقة الهوائية (مستخدمة للأكسجين) كميات إضافية من الإمدادات المحدودة للأكسجين المذاب لتحويل مركبات النيتروجين والكبريت والكربون الموجودة في البحيرات إلى عديمة الرائحة، وغير ضارة نسبياً، وأشكال من الأكسجين، مثل: النترات، والكبريتات، والكربونات، في المقابل، تنتج الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية (لا تستخدم الأكسجين) الأمونيا السامة وذات الرائحة الكريهة، والأمينات،

وكبريتيد، وحتى الميثان القابل للاشتعال (غاز المستنقعات). يمكنك أن ترى لماذا الكميات الكبيرة من المواد القابلة للتحلل، التي تنمو، أو تدخل البحيرات والبرك، يمكن أن تخلق مشاكل خطيرة لجودة المياه.

لقد استخدمت مستويات الفوسفور الكلي (TP) لتعيين وتصنيف البحيرة؛ لأنه غالباً ما يكون العامل المحدد للنمو في نظم المياه العذبة (انظر المناقشة في قسم كيمياء البحيرة لاحقاً في هذا الفصل). وعادة ما تستخدم وحدات تركيز الفوسفور الكلي بجزء في المليون (ppm)، أو أجزاء من البليون (ppb). يبين الجدول ٢ , ٧ الإنتاجية التقريبية للبحيرة المتعلقة بالقيمة المتوسطة للفوسفور الكلي TP من المياه التي تم جمعها في الطبقات العليا من البحيرات epilimnion. هذه القيم يمكن أن تتغير للبحيرات في مناخ الأكثر دفئا.

جدول ٧,١. الأحياء في البحيرات.

الحيوانات الطليقة		
الاسماك	البرمائيات والسلاحف	العوالق الحيوانية الكبيرة والحشرات
أحياء محمولة بالماء		
الأحياء= العوالق	الأشياء الميتة= المخلفات	
الحيوانات-العوالق الحيوانية	الداخلية منتجة بالبحيرة	
النباتات-العوالق النباتية	الخارجية تدخل البحيرة	
البكتيريا والعوالق البكتيرية	من أحواض التجميع	
القاطنون في القاع		
أحياء قاع المحيط-الحيوانات	النباتات	البكتيريا والفطريات
الحشرات المائية، والرخويات، والمحار، القواقع والديدان، وغيرها من اللافقاريات الصغيرة ويرقاتها	النباتات العليا وذات الأوراق الكبيرة والطحالب الملتصقة	حمأة الصرف الصحي، الطحالب المختلطة والفطريات والبكتيريا

جدول ٧,٢. إنتاج البحيرة النسبي من كمية الفوسفور الكلي لبعض البحيرات. إنتاجية البحيرات في المناطق الدافئة يمكن أن تختلف عنها في المناطق الباردة.

الانتاجية	الفوسفور الكلي بوحدات جزء بالبليون ppb	الفوسفور الكلي بوحدات جزء بالمليون ppm
فائق التغذية Ultra-oligotrophic	أقل من ٥	اقل من٠,٠٠٥
قليل التغذية Oligotrophic	٥-١٠	٠,٠٠٥-٠,٠١
متوسط التغذية Mesotrophic	١٠-٣٠	٠,٠١-٠,٠٣
حسن التغذية Eutrophic	٣٠-١٠٠	٠,٠٣-٠,١٠
جيد التغذية Hyper-eutrophic	أكبر من ١٠٠	أكبر من ٠,١٠

هيكل البحيرة Lake structure

تتنوع البحيرات بشكل كبير في الحجم والشكل والعمق. ويمكن قياس المساحة السطحية لبعضها بالكيلومترات المربعة (أميال مربعة)، والبعض الآخر قد يكون مجرد عدد قليل من الهكتارات (ايكر) [١١]. كما أن الاعماق مختلفة بشكل كبير. يمكن لأي من الخصائص الفيزيائية، والكيميائية، أو الحيوية القابلة للقياس أن تختلف موسمياً، أو مع تغير المناخ، من بحيرة إلى بحيرة وحتى داخل البحيرة الواحدة. يمكن أن تشمل الاختلافات الفيزيائية مستويات أشعة الشمس، ودرجة الحرارة، وتيارات الماء، بينما تشمل الاختلافات الكيميائية المواد الغذائية، والأيونات الرئيسية، ومستويات الأكسجين، والملوحة، والملوثات، حيويا، بنية ووظيفة البحيرات، سواء من حيث المتغيرات والديناميكية، وهي مختلفة بطبيعة الحال، يختلف معدل النمو، ونوع، وكمية الكائنات الحية (وتسمى الكتلة الحيوية). موسمياً ومع تغيير المدخلات إلى البحيرة، هناك قدر كبير من الاختلافات الموقعية (المكانية) في أي من هذه المتغيرات، وقد تحدث هذه الاختلافات في أوقات معينة (الزمان) وبمقياس الاختلافات من دقائق أو ساعات، واليومي (دورة ٢٤ ساعة)، والمواسم، والعقود، أو الزمن الجيولوجي.

البحيرات هي بنية من المسطحات المائية منظم للغاية. البحيرات الكبيرة عادة ما تكون على شكل طبقات عمودية تنقسم إلى ثلاث طبقات فيزيائية، استناداً إلى كثافة الماء، كما تتأثر بدرجة الحرارة [١٢]. (تذكر الخواص الفيزيائية للمياه التي تمت مناقشتها في الفصل الرابع.) تختلف تلك الطبقات في درجة اختراق الضوء، ودرجة الحرارة، والنشاط الحيوي (انظر الشكل ٧,١١).



شكل ٧,١١ الطبقات الموجودة في اغلب البحيرات.

وتسمى الطبقة العليا من البحيرة epilimnion. وهي طبقة دافئة ضحلة، ومخلوطة بشكل جيد، حيث يمكن أن يخترقها الضوء، وتزدهر بها النباتات والعوالق النباتية، وتسمى الطبقة الثانية المتوسطة metalimnion وتقع

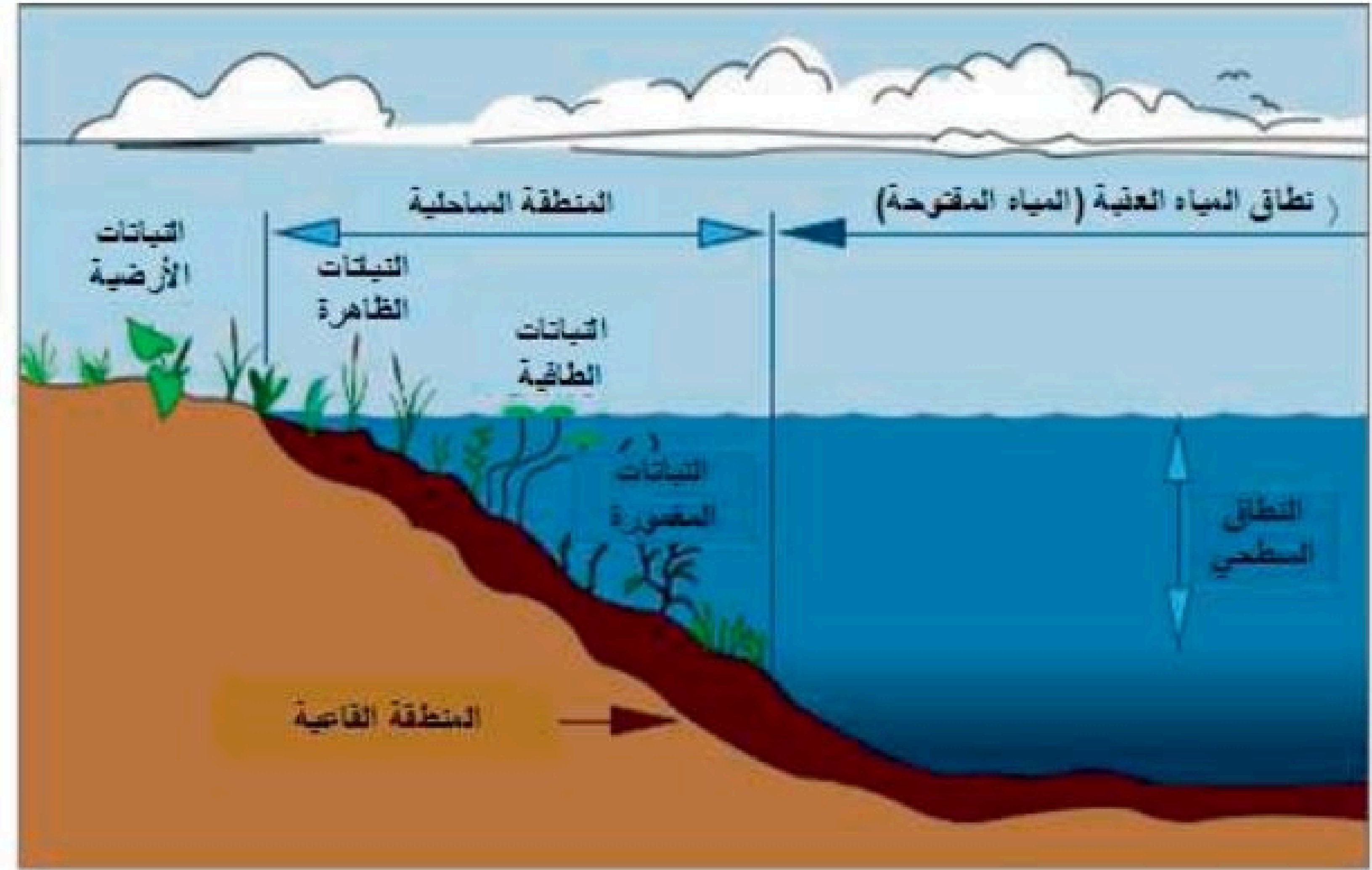
في مستويات أعمق، حيث تختلف درجة الحرارة بسرعة مع العمق بمنطقة الهبوط الحراري thermocline. طبقة الهبوط الحراري الفعلية هي المنطقة داخل الطبقة الثانية metalimnion حيث يحدث التغير في درجة الحرارة القصوى بين الجزء العلوي والسفلي من البحيرة. الشخص الذي يقوم بالسباحة في بحيرة يشعر بالماء الدافئ عند منطقة الصدر وبرودة المياه في القدم. تختلف منطقة الهبوط الحراري في درجة الحرارة، ومحتوى نسبة الأكسجين المذاب، والنشاط الحيوي. العمق الذي يحدث فيه هذا الهبوط الحراري يختلف مع عمق البحيرة، وفي البحيرات الضحلة قد تختفي المنطقة الباردة من طبقة metalimnion مما يسبب للسباحين في البحيرات عدم الراحة والشوق إلى مياه باردة للتخفيف من حرارة الصيف، وتسمى طبقة العميقة من البحيرة بالطبقة الباردة hypolimnion. وهي منطقة معزولة من الماء البارد بكثافة عالية للماء البارد والطبقة الأكثر دفئا metalimnion في الأعلى، وفي بعض الأحيان ينقص الأكسجين (تفتقر إلى الأكسجين) بالمنطقة إذا لم يكن الخلط كافياً لتوزيع الأكسجين إلى هذا العمق. لا تتسرب الإضاءة إلى منطقة hypolimnion الا بكميات قليلة إن وجدت، وعليه فالنشاط الحيوي منخفض.

هذه الطبقات الثلاث العمودية من بحيرة يمكن أن تكون "مختلطة" إذا كانت الظروف مواتية، وقد يحدث "دوران" في فصل الربيع، أو يحدث الخلط مع ارتفاع درجة حرارة في منطقة epilimnion من درجة التجميد إلى درجة حرارة منطقة hypolimnion نفسها، وهي منطقة باردة جدا ولكن غير متجمدة، عند هذه النقطة، يمكن للرياح بخلط الطبقتين لأنه لا يوجد حاجز من المياه بينهما. التغير في طبقات البحيرة "دوران" هي عملية عكسية يبرد الماء في طبقة epilimnion إلى نفس درجة حرارة في hypolimnion، ويمكن أن يحدث الخلط مرة أخرى، وقد لا يحدث تغير في طبقات البحيرة الحرارية إذا حدثت تغيرات مناخية بسرعة كبيرة، ووجود تغير في الكثافة بين أعلى وأسفل البحيرة. على سبيل المثال التجميد السريع في الشتاء أو الذوبان في الربيع، نمط الخلط "الطبيعي" هو التغير الطبقي في الربيع والصيف، والتغير الطبقي في الخريف والشتاء، هل تظن أن كثافة الماء، التي تمت مناقشتها في الفصل الرابع، قد تكون مهما جدا لعلم البيئة بالبحيرة؟

مناطق البحيرة Lake zone

البحيرة النموذجية لديها مناطق محددة من التجمعات الحيوية المرتبطة بهيكلها المادي (انظر الشكل ١٢ , ٧). المنطقة الساحلية هي المنطقة القريبة من شاطئ البحيرة، حيث تصل أشعة الشمس إلى الرواسب السفلية وتسمح للنباتات المائية بالنمو، الحياة المائية أكثر غنى ووفرة في هذه المناطق بالمياه الضحلة. توفر النباتات المائية مصدر الغذاء والمواد الأساسية (الأساس الذي يعيش به الكائن الحي) للطحالب واللافقاريات، وكذلك

مأوى للأسماك وغيرها من الكائنات. تختلف المنطقة الساحلية كثيراً عن بيئة المياه المفتوحة للبحيرة، ويمكن أن تصل أشعة الشمس إلى جميع أعماق المنطقة الساحلية، ولكن ليس إلى أجزاء الأخرى العميقة من البحيرة. يسمى العمق الذي يمكن أن يخترقه الضوء بمنطقة التغذية euphotic، وهي المنطقة العمودية داخل البحيرة.



شكل ٧,١٢ الطبقات في البحيرة المرتبطة بتخلخل الإضاءة والتجمع الحيوي.

يمكن أن توفر المنطقة الساحلية مجموعة متنوعة من المآوي التي تشمل الأراضي الرطبة، ومصبات الأنهار، والمأوى بالمياه الضحلة، ومناطق السافانا والبلوط، والشواطئ والكثبان، وبقايا الملامح الساحلية والكثبان والحقول المهجورة، لأن الناس يستخدمون شواطئ البحيرة للاستجمام والتنمية، وعليه فالمأوى الساحلي عادة ما يكون الأكثر تأثرا، ويوفر أخذ عينات لجودة المياه في هذه المناطق بيانات تسمح لتكون استنتاجات حول التأثيرات البشرية على صحة المأوى، وبيان ما إذا كان قد اختل كيميائياً، أو فيزيائيا.

منطقة البحيرة العميقة limnetic zone، وهي المنطقة العميقة من المياه المفتوحة للبحيرة والبعيدة عن الشاطئ، وتمتد إلى أقصى حد نحو الأسفل الذي لا يصله الضوء. النباتات الأساسية التي تقوم بالتمثيل الضوئي في المياه المفتوحة هي العوالق النباتية، وحيث تقضي الأسماك الكبيرة معظم وقتها في هذه المنطقة، أما المنطقة الأعمق profundal فهي أعمق جزء من البحيرة، وتقع تحت منطقة البحيرة العميقة limnetic، وتبدأ هذه الطبقة بالنقطة التي لا تخترقها أشعة الشمس. الكائنات الحية التي تعيش بهذه الطبقة تعتمد على المواد العضوية التي تسقط من الطبقات العليا كمصدر طعام لتلك الكائنات. بعض البحيرات الضحلة لا يوجد بها طبقة profundal أشعة الشمس يمكن أن تصل إلى الجزء السفلي من هذه المياه.

رواسب القاع تشكل المنطقة القاعية benthic، وتحتوي على الطين والرمل والحصى والفتات، وما إلى ذلك. الطبقة السطحية يمكن أن تدعم مجموعة متنوعة من اللافقاريات الصغيرة والقشريات الصغيرة. الأعداد الكبيرة والأكثر تنوعاً من اللافقاريات الصغيرة تعيش في قاع البحيرة الساحلية littoral (المنطقة القريبة من الشاطئ) حيث هناك زيادة في الضوء، والأكسجين، والمواد الغذائية. التنوع الحيوي يعتمد على المواد الأساسية (الصخر والرمل والطين) للمأوى والحماية، وعلى المواد العضوية للأغذية، عموماً توفر الصخور المأوى اللازم والحماية والمكان للطحالب والمواد العضوية. يكون الطين عادة منخفض القيمة ما لم يوفر المأوى، ومع ذلك، فالطين يحتوي على نسبة عالية من الغذاء العضوي والمعدني، وربما ينظر إلى التنوع الأحيائي الأقل في المناطق القاعية benthic مع وجود الرمال غير المستقرة التي تفتقر إلى كل من المأوى والغذاء. بغض النظر، يمكن تغيير أي من هذه الحالات من قبل السقوط الطبيعي وتحلل الأشجار لتوفير الماوى أو الغذاء من مصدر غير متوقع يتم غسلها من حوض تجميع المياه إلى البحيرة.

كيمياء البحيرة Lake chemistry

تم التعرض لكيمياء المياه في الفصل الرابع، ويعتمد كيمياء البحيرة على ما تقدم في الفصل السابق عن المياه، وفي هذا الفصل نستعرض معلومات كيمياء المياه الأساسية إلى نظام بيئي أكثر تعقيدا للبحيرة. الأكسجين هو العنصر الأساسي في الحياة للحيوانات العليا، مثل البشر، إلى أصغر الميكروبات، وتسمى الكائنات الهوائية. النظم المائية ليست استثناء، ويدخل الأكسجين إلى المياه عن طريق الانتشار، والحركة العشوائية للجزيئات من منطقة التركيزات العالية إلى المناطق الأقل تركيزاً، وتسعى هذه العملية لحالة من التوازن، ومع ذلك، ينتشر الأكسجين من الجو إلى الماء ببطء. الجزيئات مرتبطة بشكل وثيق في الماء مقارنة بتلك التي في الهواء، وتصبح من الصعوبة على جزيئات الأكسجين في الغلاف الجوي الانتقال إلى المياه. هذه العملية مرتبطة بدرجة عالية جداً بدرجة الحرارة. الحرارة تجعل الجزيئات تتفكك وتتحرك، مما يسبب في زيادة معدلات انتشار الأكسجين مع ارتفاع درجة الحرارة. يحمل الماء البارد زيادة من الأكسجين مقارنة بالماء الدافئ للسبب نفسه، ومن الصعوبة أن ينتشر الأكسجين إذا أصبح جزءاً من الماء بالبحيرة. الأكسجين أكثر قابلية للذوبان في الماء البارد من الهيدروجين غير الممسوك بقوة في شبكة جزيئات الماء، ويبقى جزء من مياه البحيرة. كيميائيا، فإن عملية دخول الأكسجين في المياه، تسمى الانحلال، وهو طارد للحرارة، وذلك لأن الحرارة تنبعث منها. العملية الطاردة للحرارة تعني أن التبريد يتسبب في التفاعل على التحرك نحو الشكل المنحل، وبالتالي، المياه الباردة تحمل أكسجيناً أكثر من المياه الدافئة. تزداد

معدلات الانتشار مع ارتفاع درجات الحرارة، وعلى النقيض من ذلك، فإن محتوى الأكسجين الذائب يزداد مع انخفاض درجات الحرارة [١٣].

وثمة عامل آخر رئيسي في إنحلال الأكسجين هو حركة المياه، ويسمى الهيدروديناميكا. تدفق المياه في الجداول المائية الجبلية، أو الانتشار بعيداً عن الصخور، أو الإسراع نحو الانخفاض في المنحدرات وزيادة التهوية (حصول الأكسجين المذاب) بسهولة أكثر من المياه الراكدة في البحيرة في المقام الأول؛ لأن سطح الماء معرض أكثر للهواء.

فكر في الآتي Thinkabout it
تحصل البحيرات على مستويات الأكسجين المذاب بطرق مختلفة، يمكن العودة إلى مناقشة دوران البحيرة لاستعراض تأثيرات حركة مياه البحيرة، كيف يمكن لهذه العملية الطبيعية أن تغير مستويات الأكسجين الذائب في البحيرة؟

يعتمد المحتوى الفعلي للأوكسجين المذاب أيضا على عدد النباتات التي تطلق وتستخدم الأكسجين، وعلى كثافة الأحياء المائية، وفواقد الأكسدة الحيوية والكيميائية (انظر الفصل الرابع). تتذبذب مستويات الأكسجين الذائب في المياه الطبيعية على مدار اليوم (٢٤ ساعة)، حيث تضيف عملية التمثيل الضوئي الأكسجين خلال ساعات ضوء الشمس، وتستهلك الأكسجين خلال عملية التنفس في الليل. الانتشار من الجو بطيء جداً لتحقيق المساواة في النظام أثناء هذه التقلبات خلال اليوم.

النيتروجين لا يقل أهمية لنمو النباتات المائية كما هو الحال لنمو النباتات الأرضية. فترات النيتروجين (صور التغييرات) في الماء بنفس الآليات التي تحصل على الأرض، يدخل النتروجين البحيرة من خلال الترسب من الغلاف الجوي، ومن الجريان السطحي للمياه، والانطلاق من مصدر محدد، وفي بعض الحالات من المياه الجوفية. صور النتروجين الشائعة هي غاز النيتروجين (N_2)، والنشادر (NH_3)، الأمونيوم (NH_4^+) والنترات (NO_3^-)، والنتريت (NO_2^-). تختلف صور النيتروجين مع مستويات الأكسجين والنشاط البكتيري. عملية معرفة جنس البكتيريا *Nitrosotnonas* (مهمة جدا في محطات معالجة مياه الصرف الصحي)، حيث تقوم بأكسدة الأمونيا إلى نتريت، في حين جنس البكتيريا *Nitrobacter* (توجد في المواقع التي بها تحلل المواد العضوية)، تقوم بأكسدة النتريت إلى نترات، وتسمى هذه العملية بالنترتة Nitrification وهي في غاية الأهمية لنمو النبات؛ لأن النترات هي الصورة الأكثر إتاحة للنبات من صور النتروجين، وبالإضافة إلى ذلك، نظام التهوية العالية (بحيرة بمستويات

عالية من الأكسجين. على سبيل المثال) يحتوي على تركيزات منخفضة من الأمونيا والنتريت السامة، نزع النتروجين هي العملية العكسية التي تحدث دون وجود الهواء (بدون الأكسجين) وينتج في نهاية المطاف غاز النيتروجين الذي ينطلق في الجو. إضافة، أو إزالة النيتروجين يساعد في توازن النظام، ولكن الزيادة في النيتروجين من الأنشطة البشرية من خلال مصادر التلوث المحددة أو الجريان السطحي للأسمدة يسببان عدم التوازن، وهذا يسبب تراكم النيتروجين في البحيرات، وزيادة نمو النبات، والتسريع المحتمل للتشبع الغذائي eutrophication.

الفوسفور عادة ما يكون المحدد الغذائي لنمو العوالق النباتية في النظم المائية في المياه العذبة (انظر الجدول ٢, ٧). تستخدم النباتات بما في ذلك العوالق النباتية الفوسفور على صورة PO_4^{-3}. تلتصق صورة الفوسفور هذه على الكتيونات الموجبة على طين التربة، وخلافاً للنيتروجين، فلا توجد عمليات حيوية تنتهي بتحويل الفوسفات إلى صور أكثر إتاحة للنباتات. في النظام الطبيعي، تستنزف الطحالب التي تنمو في فصل الربيع الفوسفور المتاح بسهولة، مما يمنع حدوث التشبع الغذائي، وهذا يجعل صور الفوسفور المتاحة للنباتات نادرة نسبيا ما لم يتم تخصيب، أو إضافة من الأسمدة المصنعة، أو أسمدة الثروة الحيوانية والدواجن، هذا الخلل في التوازن الفوسفوري نتيجة إضافة الأسمدة في البحيرة يمكن أن يسرع من عملية التشبع الغذائي أيضا.

الإسراع في عملية التشبع الغذائي Eurtrophication بنظم البحيرة يمكن أن يؤدي إلى تكاثر البكتيريا الزرقاء السامة، والطحالب الزرقاء المخضرة، التي يمكن أن تضر بالبشر والحياة البرية والثروة الحيوانية والحيوانات الأليفة عندما تستهلك كغذاء.

قلق آخر هو نمو الطحالب الخيطية من جنس *piscicida Pfiesteria*، وهي مجموعة متنوعة من الكائنات الحية التي توجد في بعض الأحيان، وهي غير سامة وطحالب تقوم بعملية التمثيل الضوئي، وأحيانا باعتبارها الأحياء المنتجة للسموم، (هذه الأحياء من الأنواع التي تأكل، أو يتغذى عليها النباتات والحيوانات على حد سواء). يمكن لهذه المادة الكيميائية الشديدة السمية أن تسبب أضراراً عصبية للإنسان إذا تناولها، أما على الأسماك فتظهر مخدرة تقريباً. والسباحة بشكل غير طبيعي، أو تقترب إلى الشواطئ، في حين أن الكائنات الحية الخيطية تبدأ بهضم البشرة وتتغذى على الأنسجة العضلية والدم. إنها عملية قاتلة، وبالتالي تسمى "قاتلة الأسماك" (piscicida).

في العمق In depth

على الرغم من أن هذه المناقشة مخصصة أساساً بمسائل المياه العذبة، لكنا مقصرون إذا لم نتعرض لتكاثر الطحالب، في نهاية المطاف في ظاهرة "المد الأحمر"، هذه ظاهرة هائلة في المياه المالحة والمياه العذبة على حد سواء، حيث تنتج عوالق نباتية كثيفة وبقعاً واضحة على سطح الماء، وأساساً ذات الألوان البني والأحمر. الأسباب لهذا الحدث ليست واضحة، والمنتشرة على الساحل الغربي لفلوريدا وخليج مين على ساحل شمال شرق الولايات المتحدة، في بعض المواقع، فإنه يبدو أن هناك حدثاً طبيعياً، بينما في حالات أخرى قد تكون المشكلة بشرية المنشأ (التي يسببها الإنسان) بسبب المستويات العالية من المواد الغذائية في الماء. تناول الطحالب من قبل الكائنات البحرية مثل الأسماك، حيث قد تكون خطرة للاستهلاك البشري بسبب المستويات العالية من السمية، ومن الأضرار المحتملة لظاهرة المد الأحمر تهيج في العين والأنف والحلق عندما يتناول الإنسان تلك الأسماك فيصاب بتسمم في الجهاز التنفسي بتناول المحار (الجهاز العصبي قد يتأثر في حالات التسمم من المحار).

يمكن أن يؤدي تراكم الكربون العضوي ككتل حيوية إلى انخفاض مستويات الأكسجين المذاب، حيث تقوم الكائنات الدقيقة بهضم (أكسدة) الغذاء، ومع ذلك، فالكربون العضوي المذاب (مصطلح عام، ويسمى أحيانا الدبال أو التانين، يطلق على عدد لا يحصى من المنتجات المنتجة من تحلل المواد العضوية) وعادة ما يتراكم بشكل طبيعي في البحيرات من الجريان السطحي، وفي بعض الحالات من المياه الجوفية. يعطي الكربون العضوي المذاب الماء اللون الداكن في بعض الأحيان في المستنقعات والأراضي الرطبة الأخرى، أما مستنقعات المياه السوداء من ولاية كارولينا الجنوبية، على سبيل المثال، وهي تتصف باللون الداكن لوجود التانين، أو اللجنين (المكونة من الخشب)، والمياه الملونة من تحلل أوراق السرو، وأشجار توبيلو المتساقطة. عندما يتعرض الكربون العضوي لأشعة الشمس، يمكن أن يفقد لونه، وبالإضافة إلى ذلك، يقوم الكالسيوم بترسيب الكربون العضوي مسبباً ترسبه من المحلول. البحيرات الرسوبية (تلك التي تتكون قيعانها أساساً من الرمل والحصى، وغيرها من المواد الرسوبية) عالية في الكربونات، ولكنها ليست عادة داكنة اللون مقارنة بالبحيرات ذات قيعان الصخور النارية (التي توجد عادة في المناطق الجبلية).

شبكات الغذاء Food webs

الشبكات الغذائية، التي تمت مناقشتها في الفصل الخامس، هي مفهوم بيئي مهم، وبما أن كل كائن حي هو المفترس أو فريسة، ومنتج أو مستهلك، تبعاً لمكانه في الشبكة. التداخل بين التمثيل الضوئي والتنفس في النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة هو الشبكة الغذائية، معظم الشبكات في حاجة إلى قاعدة كبيرة من المنتجين الأولين لتلبية مطالب جميع الكائنات الحية التي تدعمها. (راجع مقال ستيفن فوربس عن البحيرات في الفصل الخامس لرسم صورة حية للمنافسة على الغذاء في أنظمة البحيرة.)

الطاقة هي الأعلى عند مستوى المنتج الأساسي والأدنى عند مستوى المستهلك العالي. يستخدم المنتجةن الأولون أشعة الشمس والتمثيل الضوئي لإنتاج المواد الغذائية، وهي النباتات بالشبكة الغذائية، أما المستهلكون الأساسيون فهم المخلوقات الأقل عدداً. العوالق الحيوانية تأكل الطحالب، ويرقات الأسماك تأكل العوالق الحيوانية، واللافقاريات تأكل الطحالب العالقة والنباتات العليا. المستهلكون الثانويون وهم الأسماك الصغيرة التي تأكل المستهلكين الأساسين. المستهلك العالي وهي الأسماك الكبيرة، والطيور والدببة والقطط، والبشر التي تأكل أي شيء إلى حد كبير، هناك أيضا المحللات التي تعيش على المواد الميتة، والانقاض، في البحيرة وتقوم بإعادة تدوير المغذيات في هذه العملية.

في الشبكة الغذائية العملية جميلة وواضحة حتى تخرج واحدة من المجموعات عن نطاق السيطرة بسبب حدث غير متوقع مثل دخول البحيرة كميات زائدة من الأسمدة الصناعية، أو الأسمدة الطبيعية، أو تغير كبير في المناخ في شكل الجفاف، أو العواصف المطرية الشديدة، والبرودة في غير موسمها، أو موجات الحرارة، والصيد الجائر لأنواع معينة من الأسماك، أو الترسيب المفرط الناجم عن التعرية. يمكن لهذه الأحداث أن تغير ديناميكية الشبكة الغذائية، ويؤدي ذلك إلى كارثة لبعض الأنواع، أو مجموعات من الكائنات الحية.

وكثيرا ما يستخدم اليخضور، أو (المادة المستخدمة من قبل النباتات الخضراء لإنتاج طاقة الغذاء) كتقدير للكتلة الحيوية بالطحالب والإنتاجية الأولية، لأنه من السهل نسبيا قياسها، ولا تتطلب تحديد أنواع الطحالب الفردية، وهو بديل ممتازاً، يتم أخذ عينات مياه البحيرة على عمق معين، أو أعماق وتصفيتها من خلال مرشحات الزجاج، حيث يجمع أي شيء أكبر من ميكرومتر (عرض شعرة الإنسان حوالي ٥٠-١٠٠ ميكرومتر). تتم معالجة هذه المواد التي تم جمعها مع المذيبات (عادة الكحول، الأسيتون) لإزالة اليخضور أ. يمكن تقدير كمية اليخضوراً باستخدام منحنى معايرة الطيف الاساسي. ببساطة، يقرأ جهاز الطيف الكثافة البصرية للجسم في طول موجة معين من الضوء. تقاس تراكيز المحاليل القياسية المعروفة التركيز من اليخضور، وفي هذه الحالة، تتم قراءة كثافتها الضوئية في الطول الموجي المطلوب ويتم إنتاج منحنى المعايرة (الرسم البياني). تتم مقارنة الكثافة البصرية من العينة غير المعروفة التركيز إلى تركيز اليخضور لمنحنى المعايرة للحصول على نتائج قيمة التركيز.

عادة ما يدرس القياس الطيفي كجزء من بداية مادة الكيمياء ثم يتم إدخال التحسينات على المستويات الأعلى بمقررات البكالوريس، وهو تقنية تستخدم لتحليل العديد من المواد في جميع أنواع النظم البيئية والجيولوجية والكيميائية، وهو في الواقع مفيد لأنه يوفر عادة الإجابات الصحيحة من البداية وهي إضافة جيدة لمقرر الكيمياء.

يمكن أن تختلف أعداد العوالق النباتية مع ظروف المياه مثل درجة الحرارة، والرياح، وتوافر المغذيات، وانتقال الضوء (انظر الفصل الرابع). قد تكون النتائج جيدة أو سيئة بيئياً اعتماداً على التغيرات المرتبطة بها. ردود فعل الكائنات الحية التي يجب عليها التكيف مع هذه التغييرات، مثل الأسماك، عادة ما تكون مؤشراً جيداً لتأثير تغيرات ظروف المياه.

وجهتا نظر متناقضتان لبحيرتين Two contrasting lake views

بحيرة بايكال في سيبيريا من مواقع التراث العالمي Lake Baikal, Siberia a World Hertiage Site

بحيرة بايكال في سيبيريا، بالاتحاد الروسي ويطلق عليها "العين الزرقاء الكبرى،" اختيرت من اليونسكو (منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة) كموقع التراث العالمي في عام ١٩٩٦ [١٤]. ويتم اختيار هذه المواقع من بلد المنشأ، ومن ثم تقييمها قبل اختيارها كموقع ذات أهمية عالمية من قبل اليونسكو. بحيرة بايكال هي البحيرة الأكبر في العالم للمياه العذبة بمساحة قدرها ٣,١٥ مليون هكتار (٧,٨ مليون أيكر). ما يقرب من عشرة أضعاف حجم ولاية رود آيلاند، الولايات المتحدة، كما أنها الأعمق حيث يصل عمقها ١٦٣٧ متراً (٥٣٧١ قدماً)، وتحمل حوالي ٢٠ ٪ (٢٣٠٠٠ كيلومتر مكعب، ٥٥١٨ ميلاً مكعباً) من احتياطي المياه العذبة غير المجمدة على الأرض. هذه الكمية من المياه العذبة أكثر من جميع ما في البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية، كما أنها أيضاً أقدم بحيرة في العالم حيث تبلغ في القدم ٢٥-٣٠ مليون سنة.

بحيرة بايكال هي بحيرة ناتجة عن الصدع القاري، وممر ضيق حيث تنقسم القشرة الأرضية، وتغذي البحيرة ٣٣٦ من الأنهار والجداول المائية والمصارف، وتعتبر بحيرة بايكال معزولة وغير معروفة جيدا حتى تم بناء السكك الحديدية العابرة لسيبيريا (١٨٩٦-١٩٠٢). لا تزال البحيرة معزولة جغرافيا، وتحيط بها الجبال، ولكن سكان المنطقة يقدر بحوالي ٢,٥ مليون نسمة.

بيئياً، تعتبر بحيرة بايكال فريدة من نوعها، من حيث موقعها الجيولوجي، وضخامة حجم المياه، ودرجة الحرارة (متوسط ٤°م، أو ٣٩°ف) مما يجعلها بحيرة غير طبقية، لا تزال مياهها تحتوي على نسبة جيدة من الأكسجين المذاب (الحد الأدنى ٩ جزء بالمليون) في جميع أماكن وأعماق البحيرة التي تدعم الحياة المائية في مجملها، ومياه البحيرة واضحة جدا (عمق الرؤية من ٤٠-٥٠ متراً، أو ١٣٠-١٦٠ قدماً) مما قد يعرض بعض الناس الذين ينظرون إلى الماء من قارب إلى الدوار. التنوع الحيوي هو ميزة أخرى مهمة للبحيرة، حيوان الفقمة ببحيرة بايكال فريد من نوعه (انظر الشكل ١٣ ,٧). تشمل الثدييات الكبيرة في المنطقة الدب البني، والموس، والأيل، والغزلان، هناك أكثر من ١٠٠٠ نوع من النباتات بالإضافة إلى أكثر من ١٥٠٠ من الأصناف والأنواع من الحيوانات، ٨٠ ٪ من الحيوانات متوطنة (لا توجد إلا في هذا المكان). ماذا عن الدودة المسطحة الفريدة التي يمكن أن تنمو إلى ٤٠ سم (١٦ بوصة) وتأكل السمك، للتنوع الحيوي؟



شكل ٧,١٣. بحيرة بايكال في سيبيريا، روسيا، بها عدد نادر من حيوان الفقمة بالمياه العذبة، فقمة بحيرة بايكال (**Phoca sibirica**). فهي من الثدييات الوحيدة التي تعيش في البحيرة ومتوطنة (لا تعيش إلا في البحيرة). فقمة بحيرة بايكال بوجه مجعد على نحو غير عادي. هناك قلق من أن هذه الفقمات بالبحيرة عرضة للملوثات الصناعية.
(Photograph by Uryah Wikimedia Commons)

من الأعداد الكبيرة من الأنهار التي تغذي البحيرة، هناك نهر واحد فقط، نهر Selenga، كمصدر التلوث، أراضي حوض تجميع الماء تستخدم لأغراض عدة بما فيها الأخشاب والزراعة، ولكن الأكثر إشكالية هو تعدين الذهب والموليبدينوم والتنغستن واليورانيوم، والنفايات المرتبطة بها، وتشمل الصناعات في حوض التجميع مصنع السليلوز، ومصانع الخرسانة، ومصانع الورق. "التقدم والتطور" شهد تطور نحو ١٠٠ من المنشآت الصناعية في البحيرة. للأسف، كان الضرر الذي يأتي مع الصناعة السريعة غير المنظمة للبيئة لا مفر منه، وكانت الجهود الجارية لحماية البحيرة خلال ٣٠-٤٠ سنة الماضية، ومع ذلك، فالسياحة أصبحت الملوث الرئيسي كخيام الزوار وترك

القمامة وراءهم وعدم وجود مرافق صرف صحي مرضية. اختيار البحيرة كموقع ضمن مواقع اليونسكو سيساعد في ضمان حماية المستقبل.

بحيرة بايكال بروسيا هي نظام بيئي فريد من نوعه على الإطلاق، الذي يحتاج الحماية من تقدم البشرية. (لجنة المراجعة من اليونسكو عام ٢٠٠٦) هي التي تعمل مع الدولة الروسية لحماية هذا المورد [١٥]. إنه تحد كبير للحفاظ على شيء كبير ونائي، ولكن مجرد معرفة أن بحيرة فريدة من نوعها من الناحية البيولوجية، والجغرافية، والبيئية، موجودة في حالة جيدة هو شيء مهم جدا، والمحافظة عليها بهذا الشكل شيء أفضل.

بحيرة بيسلي، مقاطعة سنفلور، ولاية ميسيسيبي Beasley Lake, Sunflower County, Mississipi

دعونا ننتقل إلى بحيرة أوكسبو الصغيرة في جنوب شرق الولايات المتحدة، وتحديدا ولاية ميسيسيبي، موطن القطن وموسيقى البلوز Blues. إنها تواجه واحدة من أكبر المشاكل التي تواجه الزراعة وإيجاد أفضل السبل لتحسين جودة البيئة، وخاصة جودة المياه، مع الحفاظ على كفاءة تشغيلها والجدوى الاقتصادية، وقد تم اختيار بحيرة بيسلي، جنبا إلى جنب مع اثنين من البحيرات أوكسبو الأخرى، لتكون جزءاً من وزارة الزراعة بالولايات المتحدة وخدمة البحوث الزراعية (USDA ARS) في دراسة لتقييم فعالية العمليات الزراعية مع أفضل الممارسات الإدارية (أفضل الممارسات الإدارية BMPs، انظر الفصل الرابع) للقضاء على تدهور جودة المياه، وجاء هذا البحث ضمن جهد متعدد للوكالات التي تتطلب المشاركة المحلية من ملاك الأراضي.

تقع بحيرة بيسلي في منطقة الدلتا شمال غرب ولاية المسيسيبي، بالقرب من نهر المسيسيبي. مساحة البحيرة ٢٥ هكتاراً (٦٢ أيكراً)، وهي ضمن حوض تجميع مساحته ٨٥٠ هكتاراً (٢١٠٠ أيكر) أغلبها منطقة زراعية، مع مساحة ١٢٥هكتاراً (٣٠٩ أيكران) من الغابات النهرية،تضاريس المنطقة: هي منطقة مستوية، مع انحدار ١-٢٪. المحاصيل المزروعة في المنطقة هي القطن والذرة وفول الصويا والذرة الرفيعة. اختار العلماء لاستخدام مزيج من أفضل الممارسات الإدارية (BMPs) في منطقة حوض التجميع لتقييم فعاليتها (انظر الشكل ١٤, ٧).



شكل ٧,١٤. في دراسات لتقييم آثار المنطقة الحافظة على حفظ العناصر الغذائية ونوعية المياه في بحيرة بيسلي Beasley ، نرى عالم التربة مارتين موك Martin Locke (في يسار الصورة) وعالم الأحياء واد إسترنرايد Wade Steinriede يفحصان عينة تربة أخذت من منطقة الحقول المجاورة للبحيرة. في الخلفية من الصورة، يعمل الفني جون ماسي John Massey على تركيب نظام تحديد المواقع الجغرافية GPS لتحديد موقع العينات في المنطقة الحافظة.
(Photograph courtesy of USDA Agricultural Research Service, National Sedimentation Laboratory Oxford, MS)

الحد من التعرية ودخول الرواسب إلى البحيرة كان الهدف الأساسي، لذلك تم اختيار أفضل المهارسات الإدارية للحد من التعرية، أو حركة الرواسب، وشملت أفضل المهارسات الإدارية القائمة الآتية [١٦]:

• وضع بعض من مساحة المنطقة لبرنامج المحافظة (CRP) الذي يهدف إلى تعزيز تحسين جودة المياه عن طريق زراعة الأراضي الزراعية بالأعشاب، أو الأشجار.
• زراعة العشب في المناطق المتشاطئة لإبطاء جريان المياه السطحية (انظر الشكل ٧,١٥).
• إنشاء قنوات الصرف الزراعي النباتية لإبطاء حركة المياه، وإعطاء فرصة للنباتات للاستفادة من المغذيات والمواد الكيميائية الزراعية الأخرى.
• استعادة الأراضي الرطبة والمناطق المتشاطئة للإبطاء، والتصفية، والتنقية للمواد الكيميائية والرواسب في الجريان السطحي قبل دخولها حيز البحيرة (انظر الشكل ٧,١٦).
• استخدام مداخل ومنافذ الأنابيب للسيطرة على المياه (الشكل أيضا ٧,١٦).



شكل ٧,١٥. الشجيرات في المصرف الزراعي النباتي حيث تعمل الأعشاب كمصفيات.

(Photograph courtesy of USDA ARS)



شكل ٧,١٦. يفرغ الأنبوب الكبير المياه في جدول الأراضي الرطبة.

(Photograph courtesy of USDA ARS)

وشملت التدابير الأخرى المستخدمة لاستعادة أعداد الأسماك في بحيرة بيسلي استخدام المبيد الكيميائي روتينون rotenone في البحيرة لإزالة ما يوجد بالبحيرة حالياً من أسماك غير محلية.

وقد استخدم هذا المبيد بسبب عدم التوازن، والأعداد الكبيرة من الأسماك غير الأصلية التي تتأثر بشكل كبير بكل من سمك الشبوط carp والغار، والأسماك العدوانية الأخرى. كان يوجد في البحيرة أسماك الزرقاء الخيشومية blue gill، الكرابي crappie، البص bass، والأسماك المحلية الأخرى. اليوم، يقال إن البحيرة موقع ممتاز لصيد الأسماك بالنسبة للصيادين المحليين، وهي طريقة جيدة، وغير علمية كمؤشر بأعداد أنواع الأسماك، ولكن هو الدليل الصحيح على النجاح؟ (انظر الشكل ١٧ , ٧).



شكل ٧,١٧. عالم البيئة في وكالة USDA ARS سكوت نايت Scott Knight يفحص ويزن سمك الكارب الشائع بينما عالم الأحياء تيري ولش Terry Welch يسجل البيانات. أنواع مختلفة من الأسماك جمعت من بحيرة بيسلي في محاولة لتحديد الصحة العامة لبيئة البحيرة.

(Photograph courtesy of USDA Agricultural Research Service, National Sedimentation Laboratory Oxford, MS)

وقد أوضح العلماء عن التقدم المحرز في أبحاثهم في بحيرة بيسلي [١٧]:

استخدمت التغيرات في جودة مياه البحيرة وخصائص مصايد الأسماك كمؤشرات للإدارة الناجحة، وأشارت وتحليلات جودة المياه قبل تنفيذ أفضل المارسات الإدارية بأن البحيرة تضررت بيئياً بسبب الرواسب في التدفق المفرط، وتحققت تحسينات كبيرة في جودة المياه باستخدام أفضل المارسات الإدارية الهيكلية والثقافية، فانخفضت الرواسب بنسبة ٣٤ -٥٩ ٪ في حين زادت وضوح الرؤية والكلوروفيل، وحدثت معظم التحسينات الكبيرة في جودة المياه في اثنين من أحواض التجميع اللتين طبقت عليهما المارسات الثقافية والمارسات المشتركة الثقافية والهيكلية، على التوالي.

أسفر خفض تركيزات الرواسب العالقة في بحيرات أوكسبو عن ظروف مواتية لإنتاج العوالق النباتية، أدى الزيادة في إنتاج العوالق النباتية إلى الزيادة في تركيزات الكلوروفيل وزيادة تركيزات الأكسجين المذاب، مما وأدت إلى تحسين الإنتاجية الثانوية. أشارت النتائج كذلك إلى أن أفضل المارسات الإدارية الثقافية قد أدتعبت دورا حيويا في تحسين جودة مياه البحيرة وقد تكون هناك حاجة إليها، بالإضافة إلى التدابير الهيكلية لضمان تحسين جودة المياه في بحيرات أوكسبو التي تصل إليها مياه الصرف الزراعي.

لا زال يجري رصد بحيرة بيسلي من قبل علماء خدمة أبحاث الزراعة، والتحسينات مهمة لأنها تقدم حلولاً لمشاكل جودة المياه في واحدة من أكثر المناطق المزروعة بشكل مكثف في الولايات المتحدة. وصف ثورو بالشيء الجيد استعادة المأوى ووظائف البحيرة في أحواض التجميع، مع كثافة استخدام الأراضي الزراعية.

ملخص الفصل Summary points

- تغطي البحيرات العذبة حوالي ١٥١ مليون هكتار (٣٧١ مليون أيكر) من سطح الأرض، والخزانات (بحيرات من صنع الإنسان) مضافة إلى هذا الرقم.
- هناك العديد من العوامل الخارجية التي يجب أخذها في الاعتبار عند دراسة البحيرات، وتشمل: كيف تشكلت البحيرة، وحجم وشكل، وطبوغرافية، وكيمياء حوض التجميع للبحيرة، والمناخ بالمنطقة والمجتمعات المحلية الحيوية، وأنشطة البشر خلال القرن الماضي.
- هناك ثلاثة نظم معروفة لتصنيف البحيرات، وهي: الأحداث الجيولوجية التي أدت إلى تشكل البحيرات، وخصائص الهيدرولوجيا والصرف، وحالة التغذية.
- شكلت النشاطات الجليدية العديد من الفجوات التي أصبحت بحيرات وبعضها أصبح حفراً، وكلاهما مهم في التضاريس الموجود بها.
- النشاط البركاني ترك الحفر الكبيرة والصغيرة على حد سواء التي أصبحت بحيرات.
- نشاط الصفائح التكتونية، وحركة القشرة الأرضية، يمكن أن تشكلا بحيرات الصدع.
- مثال على النشاط المائي في تشكيل البحيرة هو انفصال جزء من تعرجات النهر، وتصبح هذه التعرجات بحيرة أوكسبو.
- البحيرات الساحلية وبحيرات الحفر ناتجة أيضاً من النشاط المائي.
- الحالة الغذائية هي مقياس لإنتاجية البحيرة ونشير إلى جودة المياه، ولكن ليست مقياساً لجودة المياه. يمكن أن تكون البحيرات قليلة التغذية oligotrophic (انخفاض الإنتاجية)، أو متوسطة التغذية mesotrophic (الإنتاجية المتوسطة)، أو عالية التغذية eutrophic (الإنتاجية العالية).
- هيكل البحيرة عادة ما يكون طبقياً وخاصة البحيرات العميقة الكبيرة، الطبقات الثلاث بالبحيرة من الأعلى إلى الأسفل هي: epilimnion، metalimnion، و hypolimnion.

- هيكل البحيرة ايضا مقسم إلى مناطق طبقية تقريبية، هذه المناطق هي التغذية القريبة من الشاطئ (euphotic)، والمنطقة العميقة limnetic، والمنطقة الأعمق profundal، والقاعية benthic.
- كيمياء البحيرة مهم جدا للحياة المائية لأنه يحدد جودة المياه.
- الأكسجين المذاب هو المؤشر الرئيسي لجودة المياه، ويدخل إلى الماء عن طريق الانتشار، والحركة العشوائية للجزيئات من المنطقة العالية التركيز إلى المنطقة المنخفضة التركيز.
- مستويات الأكسجين الذائب في المياه الطبيعية تتغير خلال اليوم (٢٤ ساعة) حيث تضيف عمليات التمثيل الضوئي الأكسجين خلال ساعات ضوء الشمس ويستخدم التنفس الأكسجين في الليل.
- كيمياء النيتروجين والفوسفور مهمة لكل من النباتات المائية والحيوانات، وهما عنصران غذائيان يؤثران إيجابياً، أو سلبياً تبعاً لمدى تركيزهما في الماء. قد تنمو الكائنات المائية وتزدهر، ولكن الكثير من النمو يمكن أن يسبب مشاكل في جودة المياه.
- الشبكات الغذائية هي مفهوم مهم بيئيا، وكل كائن مفترس، أو فريسة هو منتج، أو مستهلك، وهذا يتوقف على موقعه من الشبكة الغذائية. هذا السيناريو "كُلْ أو تؤكل" الذي يبقي هذه الأنظمة بسلاسة، إذا تعطلت شبكة الغذاء، قد وغير من أعداد الاحياء وينهار النظام.
- هناك أفضل الممارسات الإدارية (BMPs) للمساعدة في إدارة البحيرات وما يدخل إلى البحيرات، هذه ممارسات مهمة جدا! في تخطيط استخدام الأراضي في أحواض تجميع مياه البحيرة.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١. ما هي أهم الاختلافات الأساسية بين البحيرات والبرك؟

أ. عادة ما تكون البرك أصغر وضحلة من معظم البحيرات. البرك الضحلة أكثر دفئا من البحيرات في الصيف، ويمكن أن تتجمد في فصل الشتاء، أيضاً، يمكن للنبات أن ينمو في جميع أنحاء الجزء السفلي من البرك؛ لأن الضوء يمكن أن يخترق الأعماق الضحلة (ص ٢٤٤).

٢. كيف يمكن لدوران المياه أن يغير مستويات الأكسجين الذائب في البحيرة؟

أ. يحتوي الماء البارد على أكسجين أكثر من الماء الدافئ؛ لأن انتشار الأكسجين في المياه يزيد مع ارتفاع درجات الحرارة، ولذلك، يمكن أن تختلف مستويات الأكسجين المذاب في أعماق البحيرة المختلفة إذا اختلفت درجة حرارة المياه. درجة حرارة المياه أكثر برودة في المياه العميقة بسبب عدم وجود اختراق للحرارة من أشعة الشمس. يمزج الدوران الماء مما يؤدي إلى تغيرات في مستويات صافي الأكسجين المذاب (ص ٢٥٥-٢٥٧).

٣. لماذا يعد استخدام أرض حوض التجميع عنصراً مهماً لجودة البحيرة؟

أ. البحيرات أقل تأثيراً مباشراً على أحواض التجميع من الأنهار والجداول، ولكن، التنمية المتعاضمة لحوض التجميع (الناتجة من التحضر، وإزالة الاشجار، والزراعة، والتنمية الصناعية، وغيرها) يمكن أن تؤثر بشكل كبير على جودة البحيرة من الجريان السطحي ومن الترسب الجوي للملوثات.

٤. كيف تؤثر الأراضي الرطبة الجيدة على جودة البحيرة؟

أ. تعمل الأراضي الرطبة بمثابة عوازل للمواد التي تدخل البحيرة من خلال الجريان السطحي وتعالج الملوثات المحتملة من المغذيات بالأسمدة إلى بعض الملوثات الصناعية والحضرية. إنها بمثابة حضانات للأسماك والعديد من الكائنات المائية الأخرى.

٥. لماذا تعتمد شبكات الغذاء على التنوع في الأحياء المائية؟

أ. الشبكات الغذائية هي مفهوم بيئي مهم لأن كل كائن حي إما أن يكون مفترساً أو فريسةً، منتجاً أو مستهلكاً، وهذا يتوقف على موقعه في الشبكة الغذائية، وهناك حاجة للتنوع للتأكد من أن الاحتياجات الغذائية لجميع الكائنات الحية تم توفيرها. شبكات معظم المواد الغذائية في حاجة إلى قاعدة كبيرة من المنتجين الأولين لتلبية مطالب جميع الكائنات الحية التي تدعمها (ص ٢٦٢-٢٦٣).

٦. اشرح أهمية الحوادث الجيولوجية في تكوين البحيرة.

أ. شكلت الأنشطة الجليدية العديد من الثقوب التي أصبحت بحيرات وحفراً.

ب. خلف النشاط البركاني الحفر الكبيرة والصغيرة على حد سواء، التي أصبحت بحيرات.

ج. يمكن لنشاط الصفائح التكتونية، وحركة القشرة الأرضية، أن تشكل بحيرات الصدع.

د. مثال على النشاط المائي في تشكيل البحيرة هو انفصال جزء من تعرجات النهر، وتصبح هذه التعرجات بحيرة قوسية.

ه. تنتج البحيرات الساحلية وبحيرات الحفر أيضاً من النشاط المائي (ص ٢٤٥-٢٤٨).

لمزيد من القراءة

Pielou, E. C., 1998, Fresh Water, Chicago, Ill.: University of Chicago Press. US Geological Survey, 1998, "The hydrologic cycle and interactions of ground water and surface water," http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/ htdocs/natural_processes_of_ground.htm#interact

References:

[1] Isaiah Bowman, 1937, "Headwaters control and use: influence of vegetation on land–water relationships," Proceedings of the Upstream Engineering Conference, Washington, D.C., pp 76–95.

[2] USAID Environment, "Water: groundwater management," http://www.usaid.gov/our_work/environment/water/groundwater_ mgmt.html, February 2007

[3] US Geological Survey, "Water science for schools," http://ga.water. usgs.gov/edu/qausage.html#HDR10, February 2007.

[4] US Geological Survey, 1972, Water Supply Paper #1988, Washington, D.C.: US Government Printing Office.

[5] Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG), 1998, Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, Washington, D.C.: FISRWG.

[6] The Joint Academies Committee on the Mexico City Water Supply Water Science and Technology Board Commission on Geosciences, Environment, and Resources National Research Council, Academia Nacional de la Investigacio´n Cientı´fica, and Academia Nacional de Ingenierı´a, 1995, Mexico City's Water Supply: Improving the Outlook for Sustainability, Washington, D.C.: National Academy Press

[7] Devin Galloway, David R. Jones, and S. E. Ingebritsen, 1999, Land Subsidence in the United States, US Geological Survey Circular #1182, Denver, Colo.: US Government Printing Office

[8] US Geological Survey, 1998, "The hydrologic cycle and interactions of ground water and surface water", http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/ htdocs/natural_processes_of_ground.htm#interact, February 2007

[9] Thomas C. Winter, Judson W. Harvey, O. Lehn Franke, and William M. Alley, 1998, Ground Water and Surface Water: A Single Resource, US Geological Survey Circular #1139, Denver, Colo.: US Government Printing Office

[10] Winter et al., Ground Water and Surface Water

[11] Environment Canada, "Groundwater and wetlands," http://www.ec.gc.ca/water/en/nature/grdwtr/e_grdwet.htm, February 2007

[12] R. J. Hanks and G. L. Ashcroft, 1980, Applied Soil Physics: Soil Water and Temperature Applications, New York: Springer-Verlag

[13] US Environmental Protection Agency, Office of Water, 2000, The History of Drinking Water Treatment, 4606 EPA-816-F-00-006, Washington, D.C.: US Government Printing Office

[14] Texas Groundwater Protection Committee, July 2006, Texas Commission on Environmental Quality, Joint Groundwater Monitoring and Contamination Report 2005 (out of print publication), Austin, Tex., http://www.tceq.state.tx.us/assets/public/comm_exec/pubs/sfr/056_05/ 05–2.pdf, August 2007

الفصل الثامن

الأنـهار والجداول المائية

Rivers and Streams

أي نهر هو في الحقيقة تجميع للوادي بأكمله لو فكرت بالنهر كماء فقط فقد تفقد الجزء المهم منه. الكاتب هال بورلاند Hal Borland (١٩٠٠-١٩٧٨) [١]

الخطوط العريضة للفصل Chapter outline

- المقدمة
- وظائف نظام النهر
- الملامح الفيزيائية لنظام النهر
- التدفق
- الجيومورفولوجيا النهرية: تكوين النهر
- بيئة النهر والجداول المائية

المقدمة

Introduction

تظهر صور الأقمار الصناعية أن الأرض مغطاة ميلا بعد ميل بالأنهار والجداول، وكل ذلك لا يمثل سوى ٠,٠٠٠١ ٪ فقط من مياه الأرض، هذه النسبة الضئيلة من الماء مهمة بشكل مثير للدهشة لاستمرار الحياة على الأرض. أجسامنا لديها نظام مماثل من الأوردة والشرايين الأساسية لبقاء الإنسان حياً، حيث تحمل المواد الغذائية،

والأكسجين، والأملاح، وخلايا الدم البيضاء المقاومة للأمراض في جميع أنحاء أجسادنا. الأنهار والجداول توفر وظائف وقائية مماثلة للأرض.

الجداول المائية، والروافد، والجداول الصغيرة هي في معظمها أنهار صغيرة، وسوف نستخدم مصطلح "نهر" للتعبير عن جميع المياه المتدفقة.

لقد وفرت الأنهار الماء والغذاء للبشر منذ فترة طويلة. توفر الأنهار المياه لري المحاصيل، وتستخدم للملاحة، ولنقل البضائع، ولإنتاج الطاقة، والتخلص من النفايات. تاريخياً، وفرت الأنهار الحدود السياسية، واستخدمت كحواجز طبيعية للدفاع ضد المنافسين.

فكر في الآتي Think about it

تذكر المشهد في الفيلم السينمائي "سيد الخواتم Lord of the Rings" حيث يقوم أرون بطلب القوة من النهر للحماية من مهاجمي الظلام التسعة Ringwraiths؟ بالطبع حدث طبيعي، وهو مثال عظيم في الأدب والسينما لمعرفة قوة النهر واستخدامها للحماية.

المشهد هو مثال جيد على نوع من الفيضانات التي تسبب للبشر الطلب والدعم من الطبيعة كما الطلب من الله. هل للفيضانات أي قيمة حقيقية للإنسان أو النظام البيئي؟

لسوء الحظ، سيطرتنا على الأنهار لخدمة البشر ببناء السدود والتحويلات أدى إلى تدهور وظائف الأنهار التي تعتبر حيوية للإنسان، كان الدكتور ليوبولد لونا Luna Leopold (ابن ألدو ليوبولد Aldo Leopold) يعتبر رائدا في الأنهار وما يتعلق بها، ووصف الدكتور ليوبولد كمهندس خبير، ومختص في الارصاد الجوية، والهيدرولوجيا، والبيئة، والجيمورفولوجيا النهرية، وجيولوجي، ومؤلف، وقبل كل شيء، حصوله على العديد من الجوائز عن جدارة وحقيقية "كعاشق الأنهار". يتحدث ليوبولد عن مواضيع هذا الكتاب مرارا في نص الكتاب بعبارات كن على معرفة، تعلم قدر ما تستطيع عن هذا العالم الذي تعيش فيه حتى يتسنى لك أن تفعل ما هو جيد له، وما يلي هو نص من أحد كتبه [٢]:

السيطرة على الفيضانات، والري، وإمدادات المياه، ومكافحة التلوث هي أمثلة على مشاريع المياه التي تستحق المناقشة العامة، ولسوء الحظ، غالبا ما تمضي هذه المناقشات مع تجاهل المعرفة المتاحة في مجال الهيدرولوجيا.

"المبادئ الهيدرولوجية ليست مثيرة للجدل، وكلما ازدادت المعرفة في علم المياه، كان من الأسهل الحكم على المقترحات البديلة ومقارنة فوائدها وتكاليفها، القرارات السليمة تستلزم توعية جيدة من المواطنين".

أقيمت المدن الكبرى على طول الأنهار خططا لبعض العواقب البيئية الوخيمة وكان تخفيض هذه الأخطار ممكناً مع التخطيط السليم. في كثير من الأحيان، أصبحت الأنهار أماكن للنفايات البشرية والصناعية. لدى أمريكا أمثلة من الدروس لما حدث في الأنهار الأوروبية، ولكن لم يؤخذ التخلص الآمن للنفايات في الاعتبار في تاريخ الولايات المتحدة الحديث. تعلمنا في الفصل الرابع أن الأنظمة النهرية لديها قدرة محدودة على استيعاب أخطائنا. على سبيل المثال، نهر كاياهوغا الذي يصب في بحيرة إيري من ولاية أوهايو يحمل تاريخاً طويلاً من سوء الاستخدام. مجلة تايم، في عام ١٩٦٩، وصفت نهر كاياهوغا باسم " الشوكولاتة البنية، الزيتية، المملوء بالفقاعات الغازية من تحت سطح الأرض، وأصبح التدفق موحلا". يمزح السكان المحليون حول النهر بالقول: "الشخص لا يغرق (في كاياهوغا) ولكن يضمحل" [٣]. كان وصفا قاسيا، ولكن عانى النهر من الحرائق منذ عام ١٩٣٦، وتسبب حريق ١٩٥٢ بأكثر من مليون دولار أمريكي من الضرر، وليكن واضحاً بأننا سوف نناقش "حرائق الأنهار" (انظر الشكل ١, ٨).



شكل ٨,١. النهر يشتعل: فقد تسبب حريق نهر كيهوجا Cuyahoga في عام ١٩٥٢ بخسائر تقدر بمليون دولار.

(Photograph courtesy of Cleveland State (University Library

تستخدم مدينتا كليفلاند وأكرون بولاية أوهايو، نهر كاياهوغا لتفريغ النفايات والحطام والزيوت والحمأة والنفايات الصناعية، ومياه الصرف الصحي بدءاً من القرن الثامن عشر، ولحسن الحظ، فقد كانت الأمة جاهزة للتغيير في السياسة البيئية، وكان الحريق الذي نشب في ٢٢ يونيو عام ١٩٦٩ حافزاً على مستوى الأمة، اعتبرت بالفعل بحيرة إيري "ميتة من الناحية البيولوجية" منذ حولها الصرف الصحي إلى بيارة ضخمة، وقد تم تصنيف ثلاثة شواطئ فقط من ٦٢ شاطئاً على طول ساحل البحيرة بالإضافة إلى شواطئ عديدة في الولايات المتحدة آمنة تماما للسباحة. كان متوسط أعداد دودة الحمأة (غالبا ما توجد في المياه الملوثة) والتي توجد في قاع بحيرة إيري، حيث وصل عددها في عام ١٩٦١ حوالي ٦٢٧ دودة لكل متر مربع (٧٥٠ في الياردة المربعة)، ومع ذلك، أخذ العينات من إحدى المحطات فكان عدد الديدان وصل ٢٧٣٧٥ دودة للمتر المربع الواحد (٣٢ ٧٤٠ لكل ياردة مربعة). مما جعل قاع البحيرة ملوثة إلى درجة كبيرة [٤].

الحريق الذي اندلع عام ١٩٦٩ في نهر كاياهوغا كان القشة الأخيرة للعديد من المواطنين الأمريكيين، والحريق نفسه ليس كبيراً وأطفئ في حوالي ٣٠ دقيقة، لكنه أشعل الشرارة الأولى التي أدت إلى قانون المياه النظيفة واتفاقية جودة مياه البحيرات الكبرى، كما أدى أيضاً إلى تطوير وكالات حماية البيئة بالولايات والحكومة الفيدرالية. هذان الإجراءان الاتحاديان، جنبا إلى جنب مع الخطط الفعلية من وكالات الولايات والحكومات المحلية، وفرت الأدوات التشريعية والدعم المالي لتحسين جودة المياه في أميركا. أحياناً قد تحتاج إلى مأساة لإحداث تغيير إيجابي. اليوم، الجزء السفلي لنهر كاياهوغا ما زال يواجه مشاكل جودة المياه، لكنه يتعافى، وبالإضافة إلى ذلك، فهناك مجموعات من المواطنين وبعض الرسميين الحكوميين يقومون بمراقبة النهر للتأكد من أنها في تحسن مستمر (انظر الشكل ٢ ,٨). اليوم، نهر كاياهوغا هو نهر التراث الأمريكي ومنطقة البحيرات الكبرى المغلقة كل هذه من التسميات الاتحادية.

فكر في الآتي Think about it

عندما تتهيأ الفرصة للناس للتمتع بعطلة نهاية الأسبوع في الصيف، فغالبا ما يتوجهون نحو الماء، فقد يكون إلى الشاطئ، أو جدول مائي في الجبال للتخييم، أو بحيرة للرياضة وصيد الأسماك، بل يمكن أن تكون النوافير في المدينة، ومع ذلك، ماذا يجب فعله لتكون الأنهار نظيفة؟ وضع رسوم مالية على هذه الاحتياجات أصبح هدفا رئيسيا للمساعدة في تبرير إعادة تأهيل النهر، ماذا سيحفز الناس على استعادة الأنهار مرة أخرى إلى الحالة الجيدة؟ ما هي بعض من العقبات التي تعترض جهود استعادة النهر؟ هل من الممكن عكس الضرر الذي تم القيام به بالفعل لكثير من أنهارنا؟



شكل ٨,٢. نهر كيهوجا اليوم

(Photograph courtesy of Wikipedia Commons)

وظائف نظام النهر Rivers system functions

من السهل فهم وتقدير الحاجة إلى الغذاء، والماء، والترفيه، والمشاهد الجميلة، وقد أظهر العلماء، وكذلك الخبراء، بأن وظائف نظام النهر السليم تعتبر حيوية وليس فقط لبيئتنا، ولكن أيضا للحفاظ على حياة الإنسان، الأمثلة الآتية هي بعض مهام النهر الضرورية لسلامة النظام البيئي [٥]:

- تنقية المياه والنفايات عند انتقالها عن طريق الأراضي الرطبة والمناطق المتشاطئة في السهول الفيضية.

- التخفيف من تدفق الفيضانات من خلال توفير الأماكن المنخفضة لملء المياه، وتقليلاً للتدفق، وتعزيز عمليات التسرب والتسرب العميق من المياه إلى المياه الجوفية.
- توفير المأوى ومواقع التكاثر لجميع أنواع الحيوانات.
- التخفيف من حدة الجفاف من خلال التقاط وحجز الجريان السطحي وزيادة تخزين المياه الجوفية.
- الحفاظ على خصوبة التربة مع الرواسب خلال الفيضانات، وحمل الرواسب إلى الدلتا ومصبات الأنهار – والحفاظ عليهما بصورة سليمة وخصبة.
- الحفاظ على التدرج في الملوحة بين مصبات الأنهار والدلتا التي تعتبر ضرورية لتعزيز التنوع الغني والتكاثر بهذه المناطق.
- الحفاظ على التنوع الحيوي، أو التنوع الجيني.

هذه الوظائف هي حيوية لسلامة الأنهار، ولكن أولاً، ما هي السمات الأساسية الفيزيائية لنظام النهر؟ كيف تؤثر الفيضانات، والرواسب، والكائنات الحية، والمأوى وكل وظائف النهر؟ ما هي السمات المادية لنظام النهر التي تؤثر على وظائف النهر؟ دعونا نعرف ذلك.

السمات الفيزيائية لنظام النهر Physical features of a river system

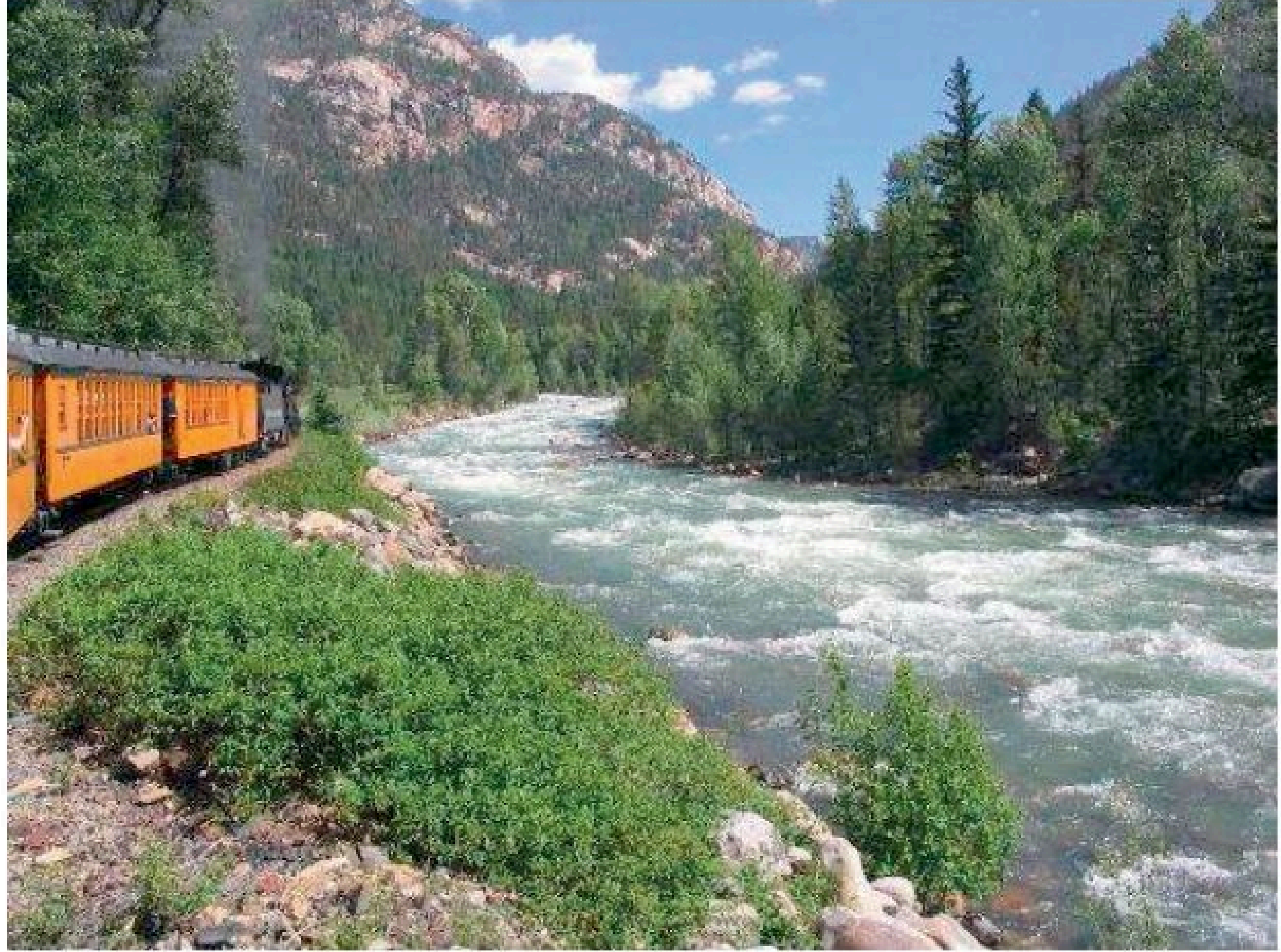
نطاق نظام النهر River system scale

يساعد التفكير في النهر على اساس النظام البيئي في تصور التداخل بين الأرض والمياه، يوفر النطاق (المدى الجغرافي) لنظام النهر الإطار لمعرفة كيف يتم تحقيق مهام النهر المختلفة، مدخلات وتأثيرات النهر يمكن أن تنشأ على نطاق واسع. أحد تصنيفات نطاق نظام النهر هو مساحة المنطقة، والمنطقة الجغرافية ذات المناخ المتماثل والتغيرات ذات المنشأ البشري (التي يسببها الإنسان) [٦]. فالمنطقة يمكن أن تكون منطقة السافانا الأفريقية، أو جبال السوتوث في ولاية إيداهو. النطاق الإقليمي، مع ذلك، عادة ما يكون كبيراً جداً جغرافيا للتطبيقات الأكثر عملية بشأن الأنهار؛ أو الجداول.

المظهر الطبيعي هو نطاق نظام النهر التالي الأصغر، ويستخدم على نطاق واسع في رسم خرائط التربة، وترسيم الأراضي الرطبة، وتقييم النهر. المظاهر الطبيعية هي مناطق تتسم بملامح ومكونات متشابهة، على سبيل

المثال، يمكن أن تكون الغابة من المناظر الطبيعية، ولكن يمكن أن ينطبق ذلك على المدينة، وكلاهما يحتويان على ملامح وسمات، (على سبيل المثال، الغابة تحتوي على الأشجار، والتربة الحمضية، والتضاريس المنحدرة، في حين أن المدينة لديها الشوارع غير المنفذة، والمتاحف، والمدارس والسيارات الملوثة، وما إلى ذلك)، وهذه المناظر الطبيعية المختلفة لها مدخلات مختلفة وتأثيرات على النهر، أو النظم البيئية بالجداول المائية.

نطاق نظام النهر الأصفر وهو المنطقة التي تضم قناة النهر، والسهول الفيضية، والمناطق الانتقالية المرتفعة المرتبطة بها، أو المناطق الهامشية، ونحن نبحث عن التأثيرات على النهر، مع ذلك، فإننا بحاجة إلى أن نتذكر أن أحواض التجميع هي المتحكمة في تلك الأراضي. توفر أحواض التجميع العناصر الغذائية وغيرها من المدخلات من الجريان السطحي التي تدخل قناة النهر (انظر الفصل الخامس). التضاريس (المنحدر من الأرض) والجاذبية تحدد نطاق حوض التجميع، حيث إن يتحرك جميع ما يسقط من أمطار في نهاية المطاف إلى أسفل بحوض التجميع، ويحدث هذا لأن تحركات الجريان السطحي للمياه تتجه نحو النهر، أو قناة الفيضانات، أو من خلال المنطقة الانتقالية المرتفعة. تذكر أن مظاهر نظام النهر الذي تم وصفه للتو ليست سوى جزء من حوض التجميع.



شكل ٨,٣. منظر لنهر أنيمس **Animas**، اخذ المنظر من خطوط حديد **Durango-Silverton**، كلورادو، الولايات المتحدة.من المعتاد أن تقام السكك الحديدية قرب الأنهار ولها تأثيرات واضحة على أحواض التجميع.

(Photograph courtesy of Karrie Pennington)

تتكون أنظمة النهر من ثلاثة أجزاء: القناة، والسهول الفيضية، والمنطقة الانتقالية المرتفعة. هذه الميزات الثلاث تشكل المظاهر الطبيعية للنهر. يحتاج النهر إلى ثلاثة أشياء مختلفة لتطوير المياه، والقناة، وبعض الميل بحيث يمكن أن تتدفق المياه. تبدأ الأنهار والجداول من منابعها، وتسمى أيضاً مصدرها. المنابع متنوعة مثل الأنهار تختلف في تكوينها، فقد تكون جداول جبلية، وينابيع، وروافد، ومروج رطبة، يوقر ذوبان الأنهار الجليدية، والتدفق من البحيرة، أو حتى التسرب، بالإضافة إلى تساقط المطر من العمليات الأساسية لتشكل النهر، حيث تتحرك المياه من المصدر وتبدأ رحلة إلى أسفل النهر لتصبح في بعض الأحيان كتلة من الثلج الأبيض.

مظاهر أرض النهر هي الأراضي الأكثر ارتباطاً بالنهر، وضفاف النهر هو المنطقة النهرية. العمليات التي تحدث نتيجة العواصف المطرية في منطقة شاطئ النهر، والسهول الفيضية، والمنطقة الانتقالية المرتفعة هي العمليات التي مثل التعرية، والفيضانات، والتغيرات في استخدام الأراضي لها آثار فورية تقريباً على وظائف النهر. يمكن لمناطق السهول الفيضية والحواجز الشاطئية (الأرض المزروعة على حافة النهر) أن تكون حجرية، وعشبية، ومزروعة بالشجيرات، وقليلة النباتات، أو مزيجاً من أنواع النباتات، وقد تشمل الأراضي الرطبة. ما يقوم به الإنسان من أعمال مثل الحدائق، والمنازل، والطرق، والمعسكرات، أو حتى طرق السكك الحديدية شائعة على طول الأنهار (انظر الشكل ٨,٣). تحد حوادث الفيضانات من استخدام الأراضي في السهول الفيضية حتى مع القيام ببعض التدابير مثل السدود، وتعديل مجرى النهر، وتراكم الأراضي، وما إلى ذلك لحماية المنطقة، وبالرغم من الجهود البشرية فإن العواصف المطرية مستمرة، وانهيارات السدود والحواجز، وحدوث الفيضانات، وقد تكون النتيجة من ذلك تغير كبير في بناء السهول الفيضية، وعند فصل النهر عن السهول الفيضية من خلال ما يقوم به الإنسان، يصبح من الواضح أن هناك تغيراً في الممر المائي، ومع ذلك، فإن القوة الفيزيائية للنهر تحاول مرة أخرى لاستعادة السهول الفيضية.

فكر في الآتي Think about it

و المفارقات أن تصبح السهول الفيضية أراضٍ خصبة من خلال دورات الفيضانات المتكررة. هذه الأحداث الطبيعية ترسب الرواسب والمواد العضوية على السهول الفيضية، هذه العملية تعطي أفضل الأراضي الزراعية بين قناة النهر والمرتفعات القريبة منها. في النظام العالمي الحالي، فإن الأراضي الزراعية الرئيسية تحتاج إلى "الحماية" من الحوادث التي شكلتها، ما هي بعض العواقب الاخرى غير المقصودة من "الوقاية من الفيضانات؟"

الأشكال ٨,٤ و٨,٥ هي صور لنظامين مختلفين لنهرين للمقارنة، والاختلافات بين المظاهر الطبيعية للنهرين دراماتيكية، حيث يختلفان في مستوى المناظر الطبيعية، ونوع وحجم حوض التجميع، ونوع القناة، والمظاهر الطبيعية للسهول الفيضية، وسمات المرتفعات الجانبية. حتى الآن، كل نظام من الأنهار له خصائص ووظائف وعمليات يمكن أن تعزى إلى ملامح النهر والجداول المائية الأساسية، مثل ميل النهر، والترسيب، والتعرية، والتصريف (معدل تدفق المياه والحجم).

القنوات Channels

ذكرنا في وقت سابق أن أنظمة النهر تتكون من ثلاثة أجزاء وهي القناة، والسهول الفيضية، والمنطقة الانتقالية المرتفعة. تتشكل قنوات الأنهار نتيجة تدفق المياه والرواسب خلال القنوات، وبالتالي يختلف حجمها وشكلها مع تدفق المياه والرواسب. تتشكل بعض الأنهار من المواد الجيولوجية بالمنطقة مما يسبب وجود الشقوق، وتميل إلى التعمق مع مرور الوقت. البعض الآخر لا يقتطع من الأرض، ولكن يتوسع ويصبح أوسع. قناة النهر "الطبيعية" الموضحة في الشكل ٨,٦، تظهر فترة التدفق المنخفض عندما تكون المياه المتدفقة مصدرها المياه الجوفية ويسمى (التدفق الأساسي). تلاحظ أن ما يطلق عليه scarp هي الحافة الأكثر حدة من منحدر ضفاف النهر، بينما يسمى thalweg الجزء الأعمق من القناة.



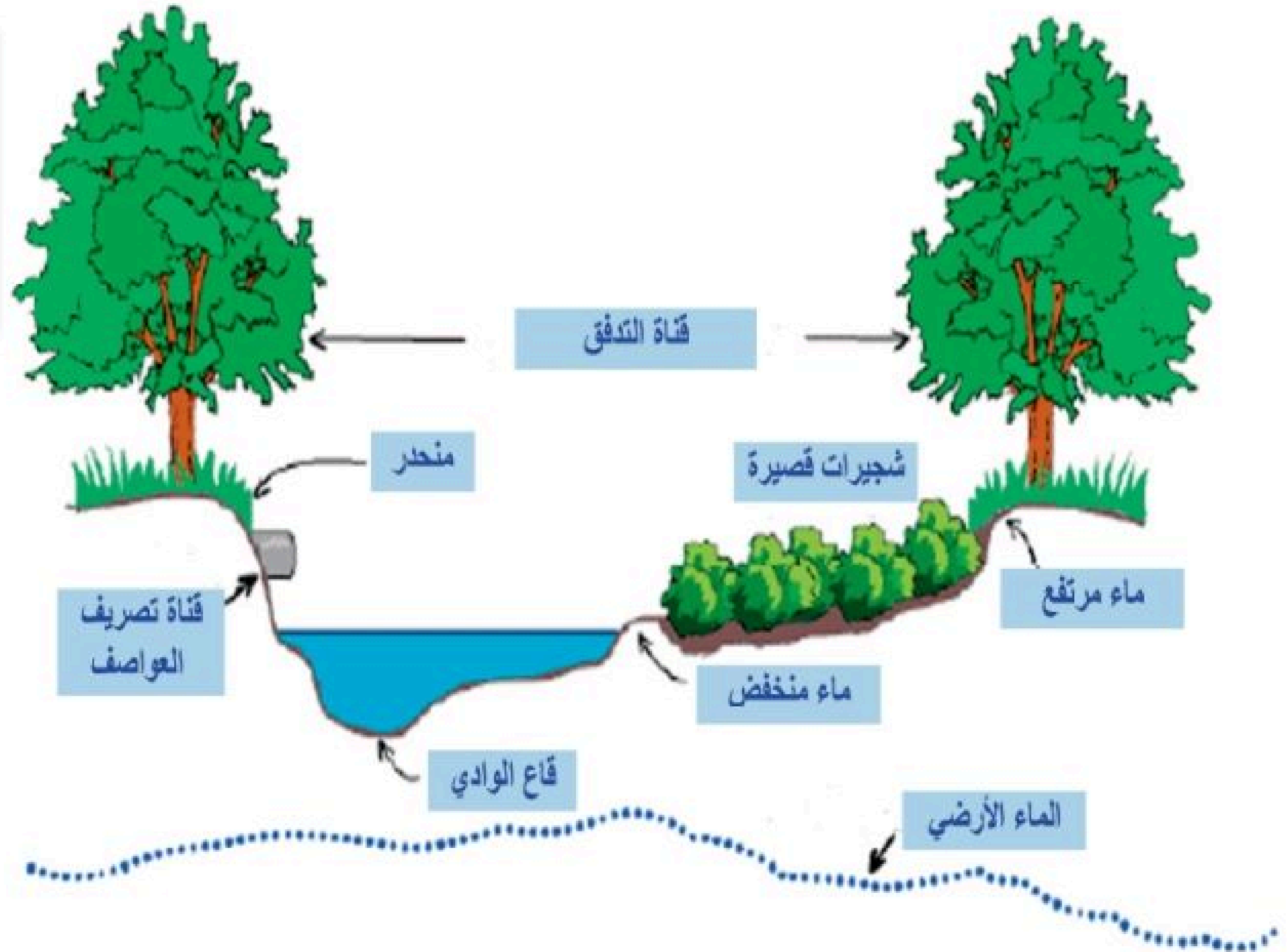
شكل ٨,٤. وادي نهر الثعبان Snake في جنوب ايدهو، بالولايات المتحدة. الممرات الجانبية ذات منحدرات حادة من طبقات البازلت والحجر الرملي. الأعشاب والشجيرات السمة العشبية للمنطقة.

(Photograph courtesy of Karrie Pennington)



شكل ٨,٥. ممر الأراضي المتشاطئة النهر الجنوبي بالولايات المتحدة في فصل الشتاء، الممر النهري مستو ومزروع بالشجيرات والأعشاب والأشجار.

(Photograph courtesy of Karrie Pennington)

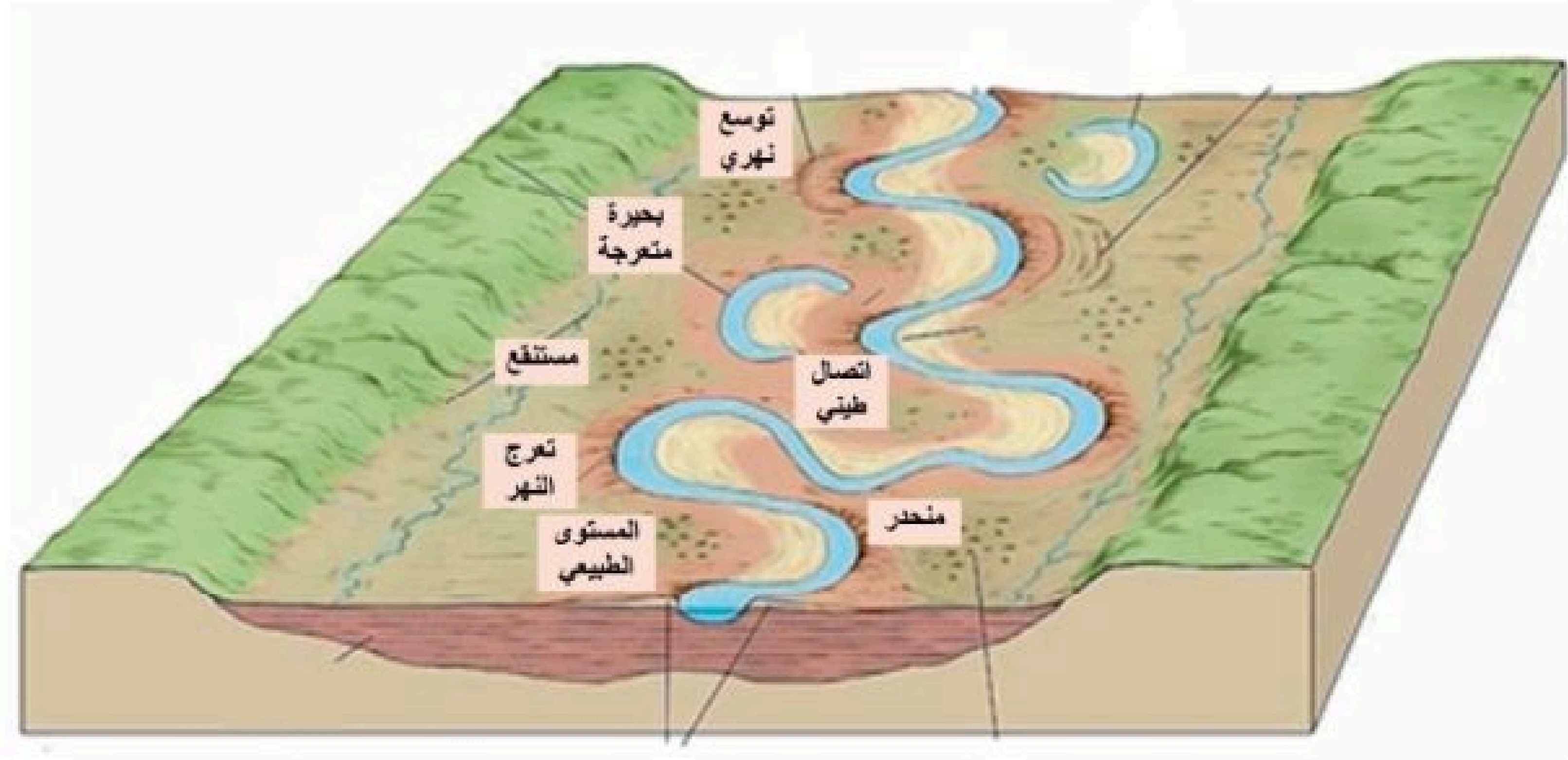


شكل ٨,٦. قناة النهر أو الجدول المائي العادية

(Image courtesy of FISRWG)

السهول الفيضية Floodplain

يمكن للسهول الفيضية المحاذية لقناة النهر أن تكون معقدة، ويمكن أن تشمل بحيرات السهول الفيضية، والجزر، والأراضي الرطبة، والعديد من الملامح الفيزيائية الأخرى. تنشأ مكونات السهول الفيضية من تعرج مجرى النهر، وتحمل مياه النهر الرواسب وتختلف الحمولة حسب التضاريس الطبوغرافية، واستخدام الأراضي، والمناخ، وجميع العمليات الأخرى التي تشكل حوض التجميع والسهول الفيضية. يوضح الشكل ٨,٧ بعض ملامح نهر في منطقة الترسيب. في المثال، يظهر بحيرة أوكسبو (هلالية) حيث يظهر النهر المتعرج من القناة الرئيسية للنهر، يمكن أن يتشكل الطين بين البحيرة، أو أوكسبو والنهر، ما يعني فعليا قطع حركة المياه بين البحيرة والنهر.



شكل ٨,٧. سمات الأراضي الفيضية التي تشكلت من تعرجات النهر.

(Photograph courtesy USEPA)

يعتبر الطين من الحواجز الرطوبية الفعَّالة جداً؛ لأن الطين ينتفخ في حالة الرطوبة، مما يخلق وضعاً يقوم فيه الطين بحفظ الماء ويمنع حركة المياه من خلاله. توضح الأشكال ٨,٨ و٨,٩ اثنين من السهول الفيضية المختلفة، أحدها في مرحلة فيضان النهر.

الجزء المستقيم نسبيا من قناة النهر يطلق عليه Chute. أما القنوات الواسعة فتنشأ عندما تتكسر السدود الطبيعية ويطلق عليها Splays وينطلق الماء إلى السهول الفيضية، يتم إنشاء السدود الطبيعية عندما تقوم الفيضانات بترسيب الرمال والحصى، وتشكل حافات مرتفعة على طول ضفة النهر. المستنقعات الراكدة (وتسمى أيضا المستنقعات العائدة) وهي الأراضي الرطبة التي تتشكل عندما تنحسر مياه الفيضانات، ويتم الاحتفاظ ببعض المياه خلف السدود الطبيعية (بعيداً عن قناة النهر). المستنقعات الراكدة، والقنوات الواسعة، وبحيرات

أوكسبو شائعة جدا على طول قناة نهر المسيسيبي في الولايات المتحدة، والنهر الأصفر في الصين، وغيرها من المواقع في جميع أنحاء العالم.



شكل ٨,٨. وادي أنميس فوق أنميس، كولورادو، الولايات المتحدة، ٢٠ اكتوبر، ١٩٠٣. تظهر الأراضي الفيضية هذه بعض السمات في شكل ٨,٧. وهو الوادي نفسه في شكل ٨,٣ الذي أخذت له الصورة في ٢٠٠٦.



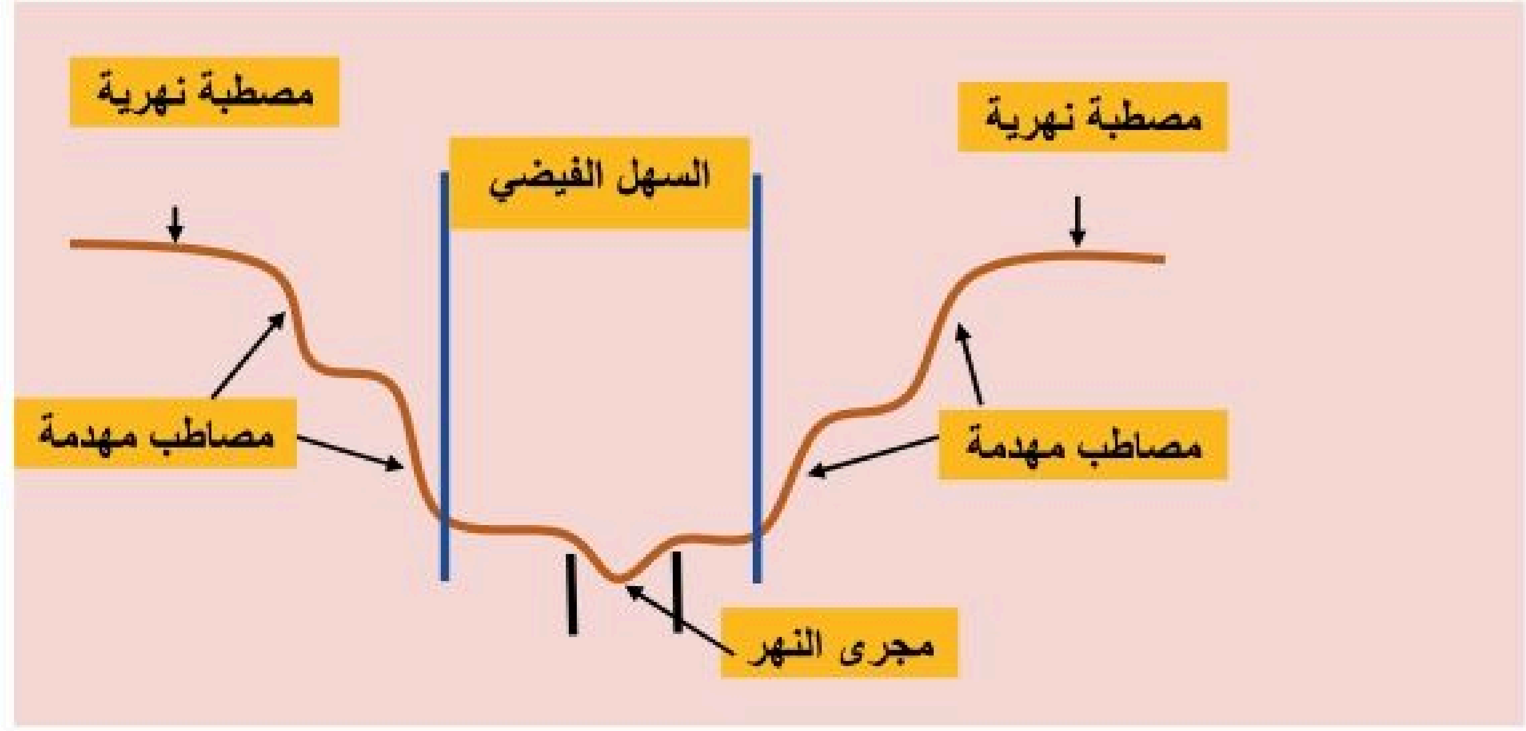
شكل ٨,٩. أراضٍ فيضية على جزيرة وايت **Wight** بالمملكة المتحدة خلال الفيضان.

المنطقة الانتقالية العليا Upland transition zone

المنطقة الانتقالية العليا، أو المنطقة الانتقالية الجانبية من قناة النهر هي المنطقة المؤدية إلى المرتفعات، أو مناطق مرتفعة. يمكن أن تكون مسطحة، منحدرة بأي زاوية، وأحيانا عمودية، اعتماداً على كيفية تشكيل المنطقة الانتقالية، المثال على ذلك الوادي الضيق الكبير Grand Canyon (أو أي وادي عميق آخر شبيه به) لمعرفة أحد أنواع

المنطقة الانتقالية الجانبية بتضاريس مدهشة. جميع المناطق الانتقالية الجانبية حددت بأنها المناطق التي تأثرت بالنهر بدلا من المناطق البعيدة، على سبيل المثال، فلا يوجد إلا حشائش عشبية قريبة جدا من النهر، أو الجدول المائي.

استخدم المهتمون بالجورمورفولجيا النهرية نظام ترقيم المدرجات بالسهول الفيضية التي تتشكل بتغير المظاهر الطبيعية من خلال الحفر العميق في السطح. تأخذ أقدم المدرجات لديها أكبر عدد من الترقيم، في حين أن الأصغر عادة أسفل القناة، يمكن أن تصبح المدرجات القديمة معزولة عن السهول الفيضية وتستعمل لأجل الأراضي الزراعية ومناطق الرعي، أو أجزاء من المناطق الحضرية. يوضح الشكل ٨,١٠ المدرجات جيدة الإنشاء.



شكل ٨,١٠. يوضح الرسم تطور المدرجات الكاملة التكوين، المدرجات القديمة لا تتأثر بالنهر.

Modified from USEPA Office)
(of Water

فكر في الآتي Think about it

الأنهار في المناطق الجافة أو شبه الجافة هي مواقع مطلوبة من البشر والحياة البرية، ومع ذلك، فالأشخاص المعتادون على النظر بالممرات النهرية الخصبة قد يرونها مخيبة للآمال لضعف الغطاء النباتي، ولكن بالفحص الدقيق، فإن هذه النظم البيئية الفريدة توفر وفرة من أنواع المأوي وكذلك الحيوانات المختلفة، ما هو دور تغير المناخ الذي يقوم به على طول المنطقة الانتقالية الجانبية من النهر في البيئة الجافة، أو شبه الجافة؟

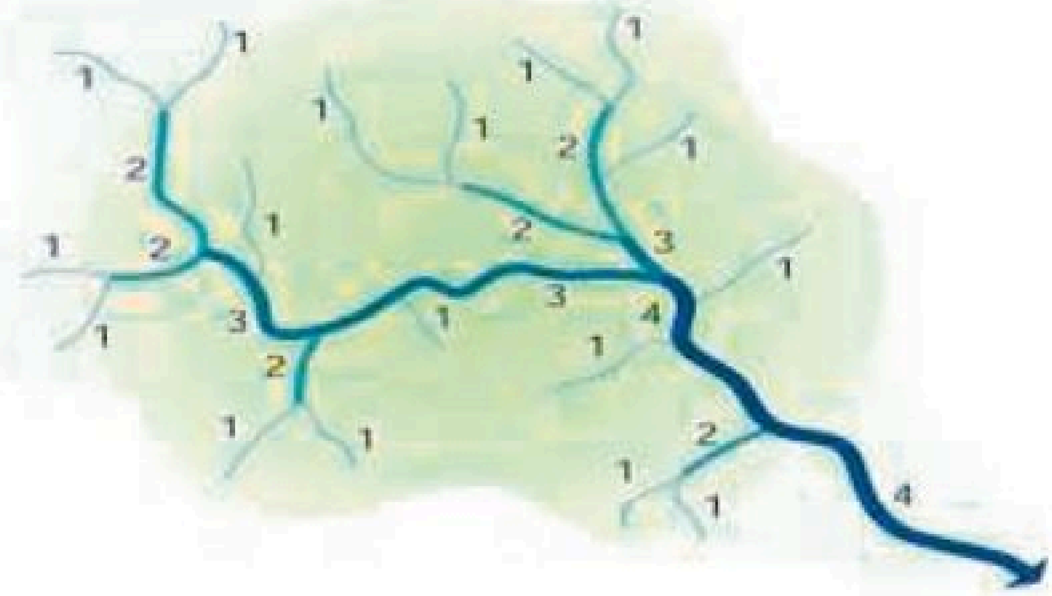
المناطق الطولية للنهر Longitudinal zones

طولياً (اتجاهياً)، النهر به ثلاث مناطق مختلفة، الجزء الأول وهو الاكثر انحداراً يقع في منطقة المنابع headwater (تذكر، مهما كانت نسبة الميل، فمنطقة المنابع هي أعلى بقعة من النهر، أو الجدول المائي). التالي هي المنطقة الانتقالية transition حيث يقل الانحدار ويمكن للروافد أن تدخل القناة الرئيسية، ومنطقة الوادي تبدأ

بالتوسع خلال هذه المرحلة الانتقالية، ويبدأ النهر في تطوير نمط التعرج الطولي، والمنطقة الطولية الثالثة هي منطقة الترسيب depositional. وهي منطقة مستوية ذات ميل قليل جدا، وتدفق المياه أبطأ (وتسمى التيار)، وأوسع مسافة بين حافتي النهر وتغطيها المياه. بطء حركة التيار يسمح للرواسب والمواد الأخرى الأصغر بالترسب في هذه المنطقة، ويتحرك الماء من منطقة الترسيب ويصب في المحيط، والبحيرة، أو أي منفذ تنتهي عنده رحلة النهر. التربة، والجيولوجيا، والطبوغرافية، والتضاريس، والغطاء النباتي كلها أمور تؤدي دوراً في تشكيل النهر على طول المنطقة الطولية له.

ترتيب الجدول المائي Stram order

ترتيب الجدول المائي هو معادلات هيدرولوجية رياضية (إجراء من أجل حل مشكلة) تصف كيفية تشكل النهر من منطقة منابع المياه لمنطقة الترسيب [٧]. يوضح الشكل ٨,١١ الجدول المائي المرقم كمثال على ذلك، يمثل الرقم ١ منابع المياه للجدول المائي التي لا يوجد لها روافد. يمثل الرقم ٢ مكان التقاء (المكان الذي يوجد فيه مساران يجتمعان معا) الجدول المائي من الدرجة الأولى الذي يشكل الجدول المائي من الدرجة الثانية، والجدول المائي من الدرجة الثانية قد يحتوي روافد من الدرجة الأولى. مكان التقاء الجدول المائي من الدرجة الثانية يشكل جدولاً مائياً من الدرجة الثالثة للنظام ويعطي رقم ٣، وهكذا على باقي الأرقام للجداول المائية، ويمكن للجداول المائية الثالث والرابع أن يكون لهم روافد أيضا، ولكن لا تؤدي إلى زيادة ترتيب الجدول المائي. التقاء مسارين من الترتيب نفسه ضروري لرفع ترتيب الجدول المائي إلى رتبة أكبر. يرتبط ترتيب الأرقام بحجم حوض الصرف، وطوله، والملامح الوصفية الأخرى. تسمح المعرفة بترتيب الجدول المائي في النظام بافتراض بعض الافتراضات حول أي منطقة طولية يوجد بها الجدول المائي، ويمكن أن يساعد ذلك أيضا في تقدير كمية، أو عمق الجدول المائي إذا توفرت بعض المعلومات عن الجيومورفولوجيا والتربة في المنطقة. قد يعبر عن ترتيب الجدول المائي ذي الرقم ١٢ بأنه جدول مائي كبير جدا، ولكن من دون معرفة خصائص الموقع، والمظاهر الطبيعية، وحوض التجميع قد يتعذر تقديم وصف كامل في حد ذاته عن الجدول المائي.



شكل ٨,١١. ترقيم ترتيب الجدول المائي لــ **Strahler**. الرقم ١ عند منبع الجدول المائي والرقم ٤ يرمز لأكبر نهر أو جدول مائي في هذا المثال، الأمازون، أكبر نهر في العالم هو رقم ١٢ في الترتيب، بينما ترتيب نهر المسسيبي ١٠.

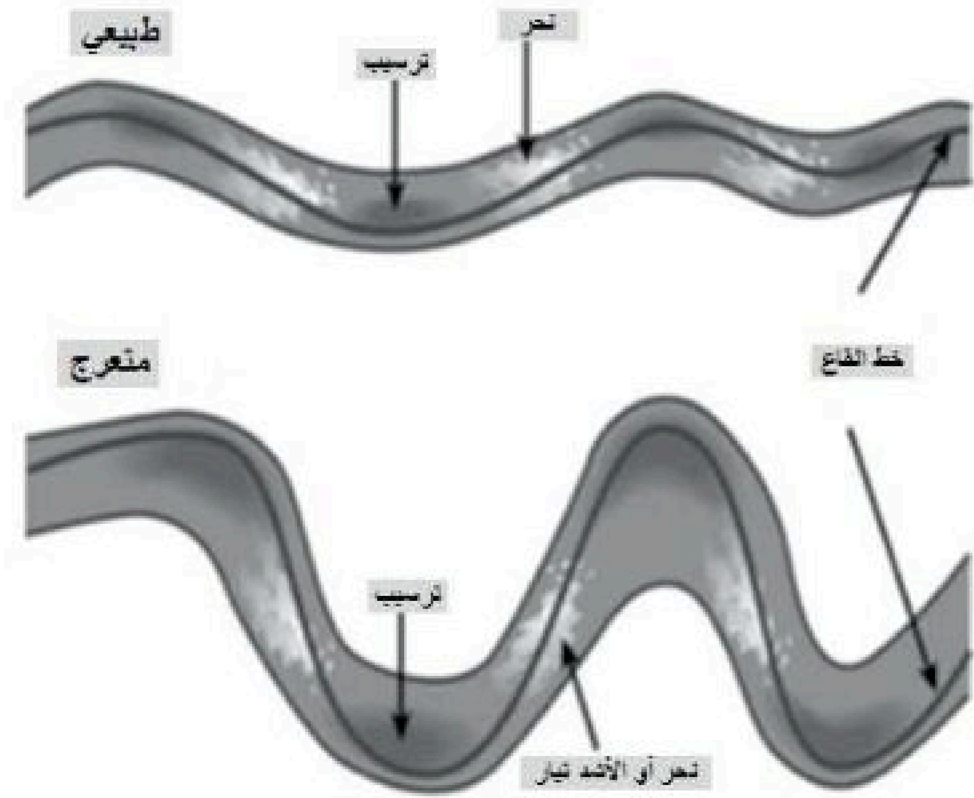
(Image courtesy of FISRWG)

هناك خاصيتان مهمتان لقناة النهر وهما المجرى الأساسي للنهر thread وتعرجه sinuosity . يشير thread إلى عدد القنوات التي تغذي المجرى المائي واحدة، أو متعددة، ويسمى الجدول المائي متعدد القنوات بالضفيرات braided ، أو anastomous. تتشكل الجداول متعددة القنوات من التعرية في الرواسب الخشنة الناتجة عن التدفقات السريعة المتذبذبة، وتتشكل من التدفقات النهرية الحواجز الرملية، والحصي، والرواسب الأخرى التي تعمل على منع مسار تدفق المياه، مما يسبب تشكيل القناة الثانية لمياه النهر للالتفاف على الانسداد. تستمر هذه العملية باستمرار على طول المجرى المائي وإلى نهايته، وتشكل قنوات ضحلة متعددة، الحالة الثانية في تشكل الجداول المائية المتعددة التي تحدث في المناطق المستوية بوجود الرواسب الناعمة. هذه القنوات العميقة والضيقة تتشكل عندما تتراكم الرواسب في المصب مسببة المياه في نهر على التراجع والانقسام إلى عدة قنوات.

كان آرثر نيويل ستراهلير Arthur Newell Strahler (1918-2002) أستاذ علوم الأرض في جامعة كولومبيا في مدينة نيويورك، حيث قام بتطوير نظام ترقيم الجداول المائية المستخدمة حاليا. ولقد اقترح ستراهلير أولا التسلسل الهرمي فيعام ١٩٥٢ [٨]، وساعد على تحريك مجال الجيومورفولوجيا النهرية من النوعية إلى الانضباط الكمي.

يشير مصطلح التعرج sinuosity إلى الاستقامة (أو عدمها) في قناة النهر. الأنهار ذات الترتيب الأول والثاني (في نظام ستراهلير لترتيب الجداول المائية الذي تم وصفه سابقا) لديها تعرجات منخفضة إلى متوسطة، أما النهر ذو الترتيب الثالث، الذي يوجد عموما في الوديان المستوية، يكون متعرجا جدا، ضمن قناة النهر. تسمح التعرجات إلى حد ما بوجود مناطق متباعدة بانتظام ضحلة وعميقة تسمى بركاً pools وقنوات صغيرة riffles (انظر الشكل ٨,١٢). يتم تكوين كليهما في الجزء الأعمق من القناة thalweg. تتشكل البرك في الجزء الأعمق من قناة النهر بتعرية ضفاف النهر المتعرجة، في حين تتشكل القنوات الصغيرة riffles عندما يتغير الجزء الأعمق بالنهر من ضفة إلى أخرى. الأنهار ذات القيعان خشنة الرواسب، مثل الحصي ٢-٦٤ملم والحجارة ٦٤-٢٥٦ملم، توجد بها

البرك والقنوات الصغيرة بشكل ملحوظ، أما قيعان الأنهار المتكونة من الرواسب الناعمة مثل الرمل والسلت، فهي أكثر عرضة لوجود البرك على مسافات متباعدة بصورة منتظمة، وقيعان الأنهار المتكونة من الطين الناعم جدا على طول جزء النهر تسمى river reach.



شكل ٨,١٢. بناء البرك والقنوات الصغيرة في الجداول المائية المتعرجة الخفيفة والقوية.

(Image courtesy of FISRWG)

التدفق Flow

تتم دراسة الأنهار والجداول المائية بشكل منفصل عن البحيرات بسبب الاختلافات الكبيرة بينهما، وثمة فريقان رئيسيان هما: تدفقات المياه وموقع تثبيت الطاقة (حيث يحصل المسطح المائي على معظم احتياجاته من الطاقة أو "الغذاء"). ويطلق على النظم المائية المتدفقة lotic، بينما يطلق على النظم المائية غير المتحركة، كما هو الحال في البحيرات ب lentic.

كان روبرت هورتون Robert Horton ١٨٧٥–١٩٤٥ عالم البيئة الأمريكي وعالم التربة، يعتبره العديد بأنه والد الهيدرولوجيا الحديثة. تلقى تدريبه من كلية ألبيون في ميشيغان، وعمل لاحقا في وكالة المسح الجيولوجية بالولايات المتحدة في ولاية نيويورك. في عام ١٩٤٥، بعد عقود من العمل، نشر مفاهيمه عن الدورة المائية والمرتبطة بالتسرب، والتبخر، والنتح، والجريان السطحي فوق الأرض في نشرة الجمعية الجيولوجية الأمريكية، شهر قبل وفاته.

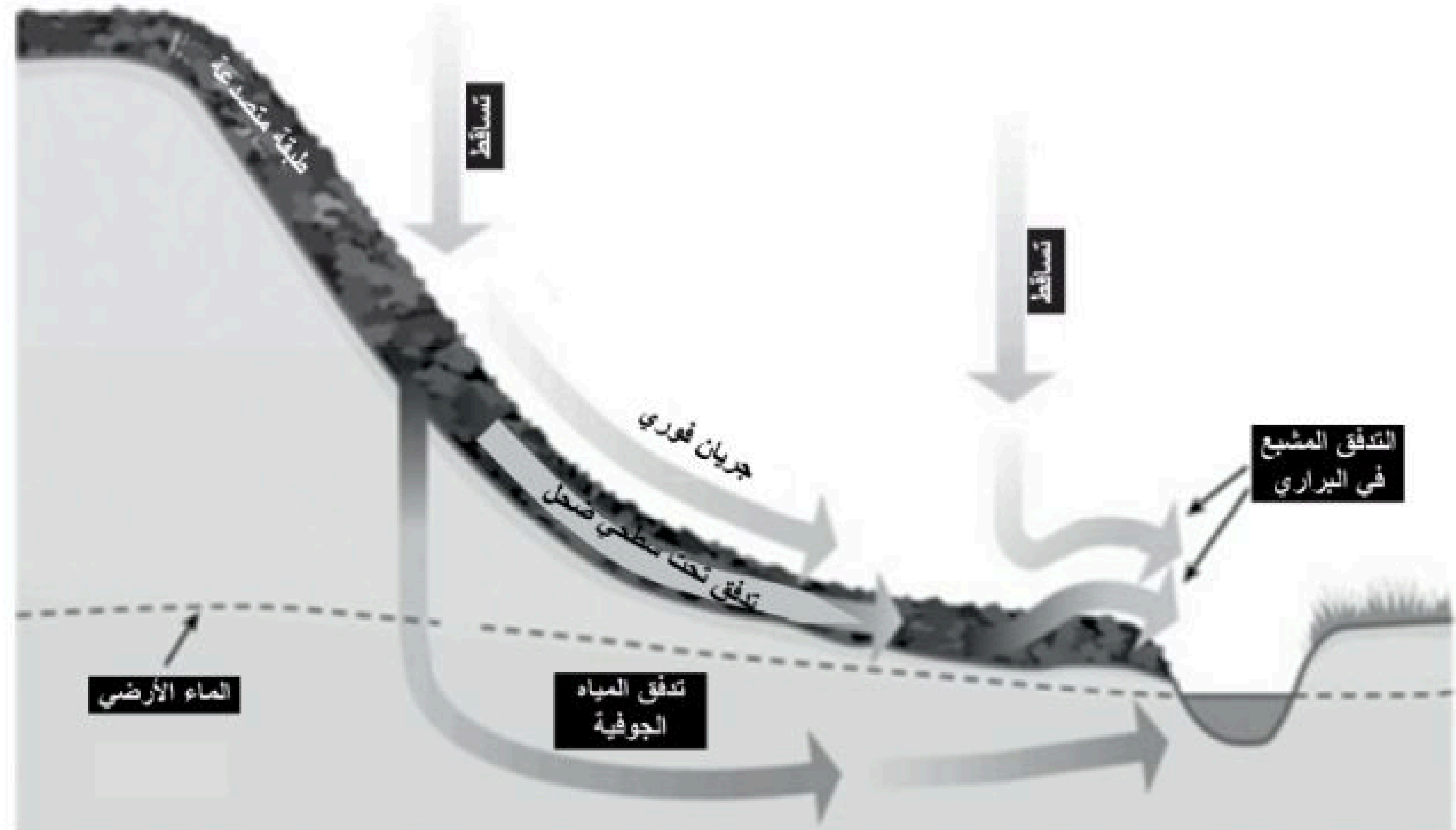
يؤدي الجريان السطحي من حوض التجميع دوراً رئيسياً في التحكم في تدفق ووظيفة مياه النهر، توفر مناقشتنا للدورة المائية (انظر الفصل الثالث) خلفية جيدة لفهم الجريان السطحي، وكما ناقشنا سابقا، فهناك ثلاثة أنواع من الجريان السطحي:

(١) التدفق السطحي، أو على الأرض .

(٢) التدفق الضحل تحت السطحي، ويسمى أيضاً البيني.

(٣) التدفق السطحي المشبع.

يمكن لأنواع الجريان بأن تحدث في وقت واحد، أو بشكل فردي أثناء وبعد هطول الأمطار (انظر الشكل ٨,١٣). يسمى أحيانا الجريان فوق سطح الأرض بتدفق هورتن فوق الأرضHorton overland flow، الذى سمى باسم روبرت هورتون، الذي تم اعتماد هكاول وصف علمي في الأدبيات العلمية [٩]. يحدث الجريان فوق الأرض عندما يتجاوز التساقط التبخر، ويختلف التساقط باختلاف شدة العاصفة، ومعدل تسرب التربة والنفاذية، وطبيعة سطح الارض [١٠]. تسبب العاصفة المطرية السريعة والغزيرة الجريان الفوري تقريباً، لأنه لا يوجد وقت كافٍ للمياه في التسرب إلى التربة، وبالإضافة إلى ذلك، فاعتراض النبات للمياه ليس كبيراً إلا إذا كان الغطاء النباتي كثيفاً، على سبيل المثال بعض الغابات الاستوائية المطيرة، أما الأمطار الخفيفة فتقل سرعتها نتيجة اعتراض الغطاء النباتي وزيادة معدل التسرب إلى التربة. الأمطار التي تتجمع في المنخفضات حيث يمكن للمياه أن تتسرب إلى التربة، وتتبخر، أو تكون جزءاً من الجريان السطحي فوق الأرض والمنخفضات هي جزء من تضاريس سطح الأرض.



شكل ٨,١٣. ممرات تدفق التساقط.

**Photograph courtesy)
(USEPA**

فكر في الآتي Think about it

كيف يحدث الجريان السطحي فوق الأرض في المناطق الحضرية والبلدية؟ ماهي العوامل التي تؤثر في معدل الجريان؟

يمكن للتدفق الضحل تحت السطحي أن يتسرب إلى الأرض ليصبح جزءاً من المياه الجوفية، أو في حالة وجود طبقة عازلة أن يتحرك إلى النهر، وفي كلتا الحالتين، يدخل المزيد من المياه إلى النهر خلال، أو بعد، سقوط الأمطار، أما إذا كانت المياه تأتي من المياه الجوفية، فيسمى في هذه الحالة مياه الجريان الأساسي للنهر base flow . تدفق المياه بالنهر تأتي من المياه الجوفية، ويحدث التدفق السطحي المشبع عندما تصل المسام بالتربة إلى نقطة حيث جميع المسام مليئة بالمياه، وبالتالي لا تتسرب المياه إلى التربة، في هذه الحالة تتحرك الأمطار بسرعة نحو النهر.

تتفاعل الأنهار مع الطقس، وتحديداً في استجابتها للعواصف المطرية، مع تغييرات في التدفق، يمكن أن يكون تدفق الأنهار تدفقها معمراً perennial (تحتوي على الماء على مدار السنة ما عدا فترات الجفاف الشديد) أو دائم permanent (تدفق مستمر). وكثيراً ما يستخدم مصطلح "المعمر" بدلاً من "الدائم". ويمكن للنهر أن يكون على فترات متقطعة (بمعنى أنه يحتوي على المياه في بعض أوقات السنة)، أو سريع الزوال (التدفقات فقط استجابة لحالة سقوط الأمطار، وهذا النوع موجود عادة في المناخات الجافة جدا).

التدفقات الطبيعة للأنهار تعني أنها تتغير باستمرار، فالأنهار بطيئة التدفق لا تتغير بسرعة مثل النظام السريع الحركة، هذا يعطي المياه والرواسب فرصة لتتم معالجتها (نقل، تطهير، وما إلى ذلك) من خلال الأنشطة الطبيعية مع المياه المتحركة، تتفاعل في بعض الأحيان الأنهار والأرض بسرعة وبشكل كبير خلال الفيضانات، ولكن في كثير من الأحيان من خلال العمل بصورة غير مباشرة خلال التساقط بأحواض التجميع.



شكل ٨,١٤ تدفق النهر في ثلاث إتجاهات ويختلف التدفق مع الوقت.
(Modified from USEPA Office of Water)

يمكن النظر إلى نظام النهر المتدفق lotic على أنه مفهوم رباعي الأبعاد كما أورده جيه في وارد G. V. Ward.[11] رسم الشكل ١٤ ,٨، استناداً إلى مفهوم متعدد الأبعاد، ويساعد على توضيح تباين خصائص تدفق النهر الطولية، والأفقية، والرأسية، والزمانية، اتجاه المنبع والمصب لنهر هو طولي الأبعاد، حيث حجم التدفق من المنابع، أو بداية الأنهار هو الأقل، ولكن عادة ما تطول بمعدلات سريعة لتيار الماء وتعرية عالية. يحدث القليل من ترسب الرواسب في هذا الجزء من النهر، في منتصف طول النهر، ويزداد حجم الماء المتدفق ولكن تقل سرعة التيار. التعرية وترسب الرواسب على حد سواء من العوامل المهمة في هذا الجزء من النهر، وتسمى منطقة الانتقال transfer zone. منطقة المصب depositional حيث حجم التدفق هو الأعلى، وسرعة التيارات المائية الأقل، وترسب الحصي والصخور، والرمال يتجاوز عادة التعرية. على النقيض من ذلك، فالأنهار في المناطق المنخفضة الميل عادة ما تبدأ مع حجم منخفض من المياه وسرعة تدفق منخفضة، ومع ذلك، يمكن أن تكون التعرية وترسب الرواسب لها القدر نفسه من الأهمية، مناطق الانتقال والترسيب هي إلى حد كبير بالطول نفسه –ولكن يزداد حجم التدفق بها، والتعرية وترسب الرواسب على حد سواء من العوامل المهمة في هذا الجزء من النهر.

الخاصية الأفقية (المسافة بين ضفتي النهر)، يمكن أن تتفاوت تفاوتاً كبيراً داخل حوض التجميع، عادة ما يكون أعمق جزء من النهر في قناته، الذي يطلق عليه thalwag. بعيدا عن هذا تتعرض السهول الفيضية المنخفضة، إلى الفيضانات المتكررة. السهول الفيضية المرتفعة نادرا ما تغمر بالمياه، وهي المدرجات أو السهول الفيضية القديمة على المرتفعات. معظم الأنهار تحتوي بعضاً من هذه الميزات.

يمكن أن يكون الاتجاه الرأسي مهماً للغاية ضمن نظام النهر، غالبا ما تتداخل الأنهار مع تكوينات المياه الجوفية الضحلة التي تقع أسفل منهاً يمكن للنهر اكتساب، أو فقد المياه من وإلى طبقة المياه الجوفية اعتمادا على الظروف المحلية. هذا التبادل بين المياه السطحية/ الجوفية يحتوي أيضا على مكونات ذائبة، ويمكن أن تشمل الكائنات الحية المرتبطة بالنهر ونوعية المياه الجوفية.

الاختلاف الزمني (الوقت) سواء تم قياسه بالدقيقة، أو آلاف السنين مهم جداً؛ لأن الأنهار تتغير باستمرار، وكذلك الحال أحواض التجميع الخاصة بها، فتحدث التغيرات في الأرض من النهر والتعرجات النهرية، والتدفقات المسببة للتعرية، وغيرها من العمليات بما في ذلك التغيرات البشرية، ويمكن أن تكون التغيرات الموسمية شديدة، فقد يتجمد النهر في فصل الشتاء، وتزداد سرعته في فصل الربيع مع ذوبان الثلوج، ثم تصير

السرعة بطيئة في الصيف والخريف. تعدُّ التدفق (الزمن الذي يستغرقه التدفق) وتردد التدفق (عدد المرات التي يحدث فيها التدفق) تأثيرات مهمة جدا على وظيفة النهر.

الجيومورفولوجيا النهرية: تشكيل النهر Fluvial geomorphology: forming a river

الجيومورفولوجيا النهرية هي دراسة الرواسب، وكيف تؤثر على تشكل قناة النهر، ووظيفتها، وصيانتها. قال لونا ليوبولد [١٢]، "تدفق الماء قد تقطع القناة، ولكن الرواسب تشكل ذلك". تشمل دراسة الرواسب مصدرها، وكيف تترسب، وكيف يتم تخزينها، ماذا يحركها، ومتى تتحرك، وماذا يحدث لقناة النهر والسهول الفيضية نتيجة نشاط هذه الرواسب مع مرور الوقت، فالجيومورفولوجيا النهرية هي دراسة عملية للشكل: والعمليات التي تنطوي على حركة الرواسب والترسيب التي تشكل القنوات والسهول الفيضية من جراء تلك العمليات.

العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتدفق Gepmorphic processes associated with flow

التعرية، ونقل الرواسب، وترسب الرواسب هي العمليات الجيومورفولوجية التي تشكل نهر القناة وبناء السهول الفيضية، حالة حوض التجميع، واستخدام الأراضي، والمجتمعات النباتية، ونوع التربة، والتضاريس، والمياه المتدفقة تؤدي أدواراً مهمة في تعرية التربة وتعتبر المرحلة الاولى لرواسب التربة على سبيل المثال، بالنظر في الشكل ١٥ ,٨، فهناك أشياء كثيرة يمكن ملاحظتها وقد تؤثر على حركة المياه والرواسب، بعض هذه الملاحظات هي كما يلي:

- استخدام الأراضي يغلب عليه الطابع الزراعي.
- العديد من التجمعات صغيرة، ومستطيلة، والمناطق التي تظهر على الجانب الشرقي (يمين) من الصورة هي برك سمك القط.
- تعرجات النهر هي متعرجة جدا.
- الركن الجنوبي الغربي هي بحيرة أوكسبو (هلالية) قديمة.
- تقع البلدة الصغيرة في الجزء الشمالي الغربي.
- هناك عدد قليل من المناطق المعزولة الغابات.

سيكون لكل من هذه العناصر تأثير على تدفق المياه السطحية ونقل الرواسب.



شكل ٨,١٥. صورة الأقمار الصناعية توضح استخدام أراضي أحواض التجميع

فكر في الآتي Think about it

انظر مرة أخرى وبعناية في الشكل ٨,١٥. هل هناك ميزات أخرى يمكن أن تساعد في تحديد كيفية عمل نظام النهر؟ ما هو نوع ميل الأرض العام المتوقع بناء على ما تراه في صورة النهر؟ ما أفضل وصف للمنطقة الطولية للنهر؟ هل المنطقة كانت مناطق أرض رطبة قبل تطويرها للزراعة وقطع الاخشاب؟ هل يمكن إجراء أية افتراضات حول التربة على أساس العدد الكبير من البرك في المنطقة؟

جدول ٨,١. العوامل المسببة للتعرية والعمليات الناتجة.

عامل التعرية	عمليات التعرية
الجريان السطحي	التعرية الصفائحية والقنواتية والاخدودية السريعة والتقليدية
التدفق بالقنوات	التعرية القنواتية والاخدودية السريعة والتقليدية والتعرية الريحية وتعرية ضفاف الأنهار
الرياح	التعرية الريحية
الثلج	تعرية ضفاف الأنهار والبحيرات
التفاعلات الكيميائية	التحلل والتفريق
تأثيرات قطرات المطر	التعرية الصفائحية
الجاذبية	التعرية الأخدودية التقليدية وانهيارات التربة

تبدأ التعرية بتفتيت حبيبات التربة نتيجة تأثير كل من الأمطار أو الرياح. سوف نركز في هذا الفصل على التعرية المائية، ولكن هناك عوامل أخرى تعمل على التعرية في حوض التجميع. من المهم أن نعرف العوامل الأخرى، مثل الرياح، بسبب تأثيراتها الكبيرة في تحديد موقع عمليات التعرية (انظر الجدول ٨,١).

هناك نوعان من التعرية المائية للتربة، التعرية الصفائحية sheet and rill erosion تنقل رواسب التربة إلى المناطق السفلى من منحدر الأرض، وهو الشكل السائد للتعرية، على الرغم من أنها ليست ملحوظة كالتعرية الأخدودية Erosion Gully (انظر الشكل ٨,١٦). تشكل التعرية الأخدودية قنوات حيث يتركز التدفق في منطقة واحدة. يمكن أن تكون التدفقات سريعة الزوال (قصيرة الأجل)، أو إذا لم تتوقف التدفقات يمكن أن يصبح الأخدود كبيراً ويتحول إلى أخدود كلاسيكي (انظر الشكل ٨,١٧). عندما تصل الرواسب إلى النهر، تصبح رواسب محمولة ضمن النهر، وهناك ثلاثة أنواع من الرواسب المحمولة:

(١) المواد الكلية الصلبة الذائبة (TDS)

(٢) المواد الكلية الصلبة العالقة (TSS)

(٣) الرواسب في قاع النهر

المواد الكلية الصلبة الذائبة (TDS) وهي مكونات الماء الذائبة في ماء التربة. يتسبب الماء في ذوبان الرواسب القابلة للذوبان ونقلها. في شكل أيونات في المحلول. التأثير الأساسي للمواد الكلية الذائبة يتركزعلى الغطاء النباتي، ولا تستطيع جذور النباتات امتصاص الماء ذي التركيز العالي من الأملاح (أكثر المواد الصلبة الذائبة من الأملاح). وبالإضافة إلى ذلك، إذا وجدت أيونات الصوديوم (Na^+) بكميات كبيرة، فإنها يمكن أن تتسبب في تفريق حبيبات الطين وبالتالي تدهور بناء التربة. تشمل المواد الكلية الصلبة الذائبة TDS العديد من الأملاح، وخاصة الكالسيوم، والمغنيسيوم، والبوتاسيوم، والصوديوم، والكلوريدات، والكبريتات، ويمكن أن تشمل أيضا المواد العضوية القابلة للذوبان (SOM).



شكل ٨,١٦. الأمطار الغزيرة على التربة المشبعة مسببة التعرية الطبقية مشكلة خنادق سريعة الزوال بزيادة تركيز تدفق المياه. قطع مياه التدفق يفترض أن يساعد في تصريف الحقول ولكن في التربة المعراة مثل هذه الترب، يمكن أن يؤدي إلى تشكيل الخنادق.

(Photograph by Dean Pennington)



شكل ٨,١٧. التعرية الأخدودية التقليدية هي التي تتشكل من زيادة التدفق في الترب القابلة للتعرية بالأراضي الزراعية.

(Photograph by Pam Morris, USDA NRCS)

المواد الكلية الصلبة العالقة (TSS) وهي في المقام الأول السلت والطين، وهي خفيفة تبقى في المحلول فترة أطول من الرمال والحصي الأثقل، ومع ذلك، فالاضطرابات العالية للتيارات المائية، قد تشمل حبيبات الرمل ضمن المواد العالقة، المواد الصلبة الذائبة والعالقة تطفو في عمود الماء.

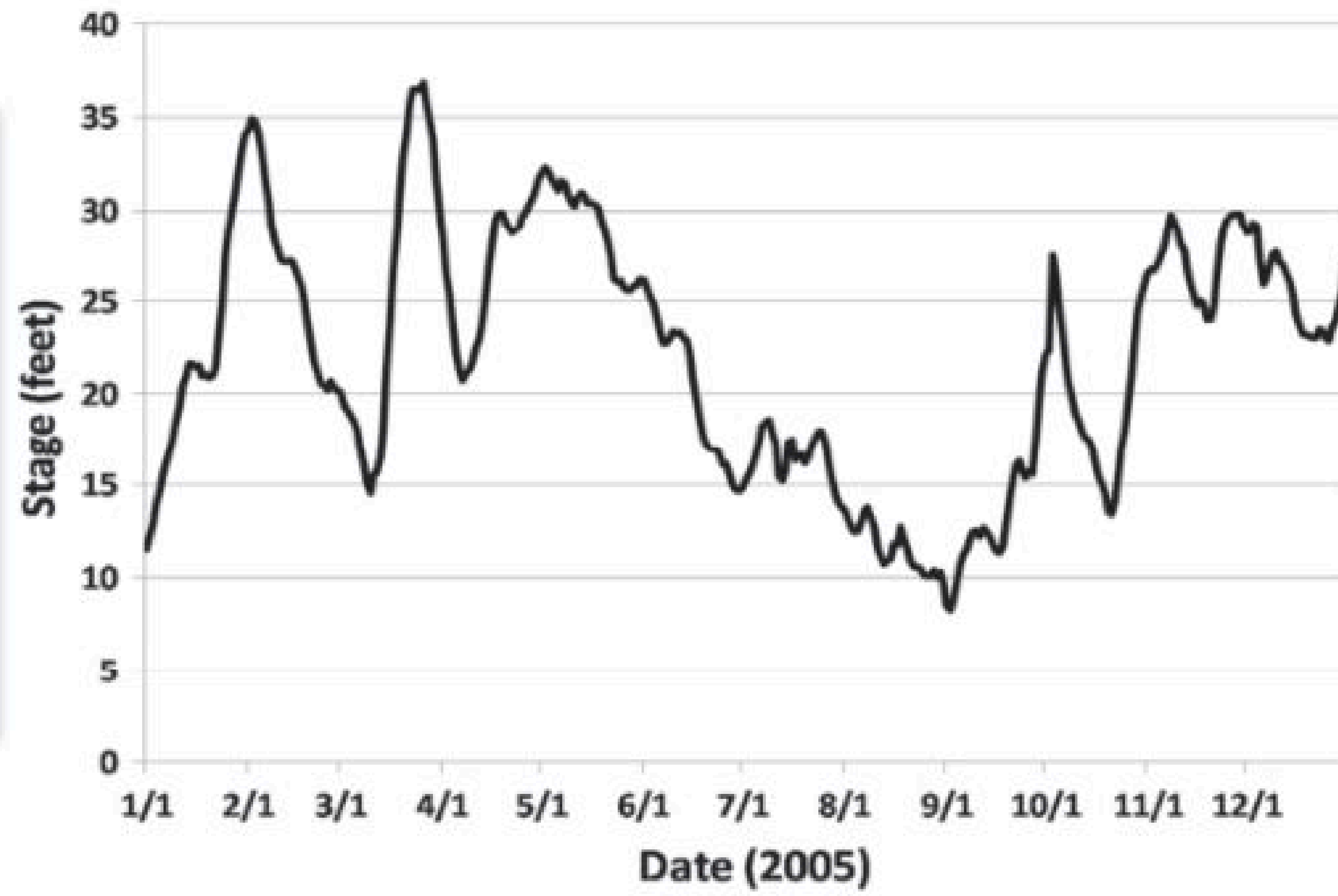
تتكون الرواسب في قاع النهر من مواد خشنة تترسب على طول الجزء السفلي من النهر أو الجدول المائي، الرواسب في قاع النهر يمكن أن تكون من الصخور والحصى، وهي تتحرك، وتشكل مورفولوجيا القناة وتكون البرك والقنوات العميقة. الرمل، والسلت، والطين هي حبيبات التربة التي شكلتها التجوية الكيميائية والفيزيائية من مواد الأصل، والرواسب في قاع النهر الثابتة (غير متحركة) من الصخور. تختلف التجوية الميكانيكية عن التجوية الكيميائية ، فالتجوية الميكانيكية هي سلسلة من العمليات الفيزيائية التي تؤدي إلى تكوين الصخور الصغيرة على نحو متزايد وتكون في نهاية المطاف التربة، التجوية الميكانيكية للصخور، أو مواد الاصل، وغالبا ما تبدأ من تجميد وذوبان المياه المحصور داخل الصخور، مما يسبب وجود الشقوق والكسور، وتعريض السطوح لمزيد من عمليات التجوية. الرياح هي أيضا عنصر ميكانيكي فعال للتجوية، وتقوم الرياح بحمل الرمال التي تكون بمثابة تعرية (تآكل) السطوح الصخرية. التمدد الحراري، والانكماش يتسببان أيضا في إضعاف الصخور. الرواسب في قاع النهر هي المكون الأساسي في تشكيل بناء معظم قنوات الأنهار، وتتحرك فقط عندما يكون النهر مليئاً أو قريباً من مرحلة ملء ضفاف النهر bank full.

تحدث تعرية ضفاف الأنهار Stream bank عندما تقع التربة على ضفة النهر. سقوط الكتل الكبيرة من التربة يشبه الانهيارات الأرضية من التربة، أو الصخور إلى أسفل المنحدر من ضفة النهر، وذلك بسبب الجاذبية، حيث يقطع الماء المنطقة. عادة ما يؤدي ذلك إلى توسيع قناة النهر، ويطلق على ترب الجدول المائي بالرواسب. نقطة مهمة يجب تذكرها وهي أن المواد التي بحجم الصخور يمكن أن تعرى من سفح التل، على سبيل المثال الانهيارات الأرضية الكبيرة، التي تجرف مع المياه المتحركة. حجم المواد المعراة في الأنهار تتراوح من الصخور إلى حبيبات الطين، وتشمل الرواسب كلاً من الرمل وحبيبات التربة الأصغر من السلت والطين.

تدفق المنحنيات المائية Flow hydrographs

تتغير التدفقات النهرية بدرجة كبيرة لأن المدخلات تنتج استجابة للعواصف المطرية، من الأمطار الساقطة مباشرة على الأنهار ومن مياه الجريان السطحي لحوض التجميع. على عكس البحيرات، فالأنهار يمكن أن تكون سريعة التدفق عندما تمطر، أو مع الذوبان السريع للثلوج. على سبيل المثال، نهر رليتو في توكسون أريزونا، الذي عادة ما يكون جافاً، ومع ذلك، فإن الأمطار الغزيرة تكوِّن نهراً هائجاً يمكن أن يتطور في غضون دقائق. هذه الظاهرة يمكن أن تحدث في أي منطقة، ولكن تميل إلى الزيادة مع عدد الأكبر من الأسطح غير المنفذة، والطرق، ومواقف السيارات والسقوف، وما إلى ذلك في منطقة حوض التجميع للنهر.

تؤدي التغيرات في التدفق دوراً رئيسياً في بيئة النهر، ولقد ذكر لونا ليوبولد بأنه يجب على المرء أن يفهم هيدرولوجيا النهر لفهم بيئة النهر [١٣]، ويتم ذلك من خلال دراسة المنحنى المائي للنهر. المنحنى المائي هو الرسم البياني لتدفق المياه مع الزمن (انظر الشكل ٨,١٨). تقيس العدادات التغيرات في تدفق النهر على مدى فترة من التغيرات الموسمية. سنة واحدة من البيانات غير كافية لفهم المنحنى المائي بسبب تغير التدفق مع أنماط الطقس. سوف تنتج السنة الجافة منحنى مائياً يختلف كثيراً عن السنة المطيرة، أو العادية.



شكل ٨,١٨. بيانات عداد فيلق مهندسي الجيش الأمريكي على نهر المسيسبي في مدينة جرينفيل، ولاية المسيسبي، الولايات المتحدة، لاحظ أن التدفق يختلف مع الزمن بالانخفاض وارتفاع الفترات القليلة من الاستقرار بالتدفق. تغيرت هيدولوجيا نهر المسيسبي نتيجة التغيرات في مجرى النهر للسيطرة على الفيضانات، وبناء الحوجز، وإزالة الأراضي الفيضية، بالإضافة إلى عواصف التساقط الاعتيادية.

العديد من الأنهار الرئيسية في الولايات المتحدة مركب بها عدادات من قبل هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، أو هيئة المهندسين بالجيش الأمريكي. تم توفير بيانات لبعض المواقع لعدة عقود. توفر المنحنيات المائية معلومات عن تدفقات الأنهار في الماضي والحاضر، ويمكن ملاحظة التغيرات في استخدام الأراضي على المنحنيات المائية. على سبيل المثال، التوسع في الري يمكن أن يسبب العديد من التغييرات بالتدفقات النهرية – سواء من الزيادة في الجريان السطحي للمياه، أو من النقص في المياه الجوفية والجريان الأساسي. أدى التحضر إلى تغير في المنحنى المائي بسبب الزيادة في السطوح غير المنفذة مما جعل الجريان السطحي أكثر سرعة عن الظروف العادية. في حالة توفر سجلات لعدة سنوات، يمكن تحديد وجود نمط من الاختلافات الطبيعية لتدفق النهر. ينبغي أن تكون التغيرات الجذرية عن النمط الطبيعي بمثابة تحذيرات من أن شيئاً ما يتداخل مع الوظائف الطبيعية لنظام النهر.

جميع مستويات تدفق المياه، من التدفقات القليلة إلى الفيضانات، تشكل جزءاً أساسياً من الوظائف الطبيعية للنهر، ولقد تكيَّفت العديد من أنواع الحياة المائية في بقائها استراتيجيات التكاثر مع التدفقات الطبيعية. في حالة عدم حصول التدفقات الطبيعية فقد تتضرر بعض الأنواع الحياتية على الأقل، في أسوأ الأحوال، أو في

القضاء عليها. في كثير من الأحيان تحصل الأنواع الغازية على موطأ قدم قوي في هذه الحالات لأنه. من أجل أن تكون غازية، فتلك الأنواع يجب أن تكون قابلة للتكيف، تحدد التدفقات أيضا إمكانية الكائنات المائية للتنقل، فالعديد منها بحاجة إلى أن يكون قادراً على التنقل إلى المنبع والمصب، والبعض الآخر له القدرة للاتصال بالسهول الفيضية، وخاصة لعمليات التكاثر. تدفقات الأنهار غير الكافية توقف هذه الهجرات اللازمة. الاختلافات في التدفق بالتالي تعدُّ جزءاً هاماً لبقاء الأنواع الحياتية المائية، ويرجع ذلك إلى اختلاف البيئات التي أنشئت لأجزاء مختلفة من دورة حياة تلك الأنواع. الأنواع القادرة على التكيف يمكن أن تبقى على قيد الحياة في أقصى الظروف سواء الفيضانات، أو الجفاف [١٤].

تدفقات الفيضانات تصل النهر بالسهول الفيضية. وتشكل المأوى الفيزيائي لنظام النهر. توجد هذه العملية في الأراضي الرطبة التي تشكل أرضاً خصبة ومكاناً حاضن للأسماك الصغيرة، فضلاً عن المأوى لتغذية الطيور وغيرها من الحيوانات البرية. التنوع الأحيائي يعتمد على توافر المأوى في السهول الفيضية، خلال الفيضانات، ويترسب الحصى والرواسب الناعمة مما يساعد على تسميد الأرض، وإيجاد مأوى جيد للبيض، وإثراء المياه بالمواد العضوية التي توفر الغذاء للأسماك الصغيرة. التدفقات العالية العادية تشكل قناة النهر عن طريق إزالة وترسيب الرواسب، بل إنها توجد وقتا كافيا لكثير من الكائنات الحية المائية للانتقال من مكان إلى آخر. التدفقات العالية تساعد في الحفاظ على الأوكسجين بالمياه.

التدفقات المنخفضة العادية تسمح لمختلف أنواع الأحياء المائية للانتقال من وإلى الروافد في المناطق الشاطئية الجديدة، كما يعرض التدفق المنخفض ضفاف الأنهار للانكشاف، ويوفر المسطحات الطينية للطيور المهاجرة لتتغذى على اللافقاريات الصغيرة، كما أنها تسمح لشتلات الأشجار لتنمو . تركز التدفقات المنخفضة على وجود الأسماك في البرك حيث التغذية أسهل بالنسبة لبعض الأنواع (الحيوانات المفترسة) ويمكن تنظيم أعدادها بالنسبة للآخرين (فريسة). عدم كفاية مستويات الأكسجين المذاب غالبا ما يكون مشكلة خلال فترات التدفق المنخفض.

أسباب الفيضانات Causes of floods

لعل السبب الأكثر وضوحا لحدوث الفيضانات في أحواض التجميع الكبيرة هو فترة المطر وذوبان الثلوج الطويلة (أو شدة المطر غير العادية) عندما يكون سطح التربة مشبعاً أو مجمداً، وهذا ليس له علاقة تذكر باستخدام الأراضي ولكن به مرتبط بكميات وسرعة المياه التي تصل إلى النهر.

فيضان عام ١٩٩٣ لنهر المسيسيبي في الغرب الأوسط الأمريكي طالت مدته بسبب طول فترة وشدة الأمطار بشكل غير عادي إلى جانب توقيت الكميات القصوى للفيضانات القادمة من روافده الرئيسية. سجل ثاني أعلى سقوط للأمطار في ١٢١ سنة من السجلات حيث غطى فيضان عام ١٩٩٣ ملايين الهكتارات (ايكر) وتسبب في أضرار لم يسبق لها مثيل بملايين من الدولارات (١٥ مليار دولار أمريكي)، و٥٠ شخصاً لقوا حتفهم، ومئات من السدود فشلت في حجز الماء، وتم إجلاء آلاف الأشخاص، وبعضهم لأشهر [١٦]. تم تدمير ما لا يقل عن ١٠٠٠٠ منزل، وتأثرت مئات المدن حيث بلغ عدد المدن التي غمرها الفيضان بالكامل ٧٥ مدينة، وقد غمرت أكثر من ٦ ملايين هكتار (١٥ مليون ايكر) من الأراضي الزراعية، والبعض منها قد لا تكون صالحة للاستعمال لسنوات طويلة قادمة. النقل أصبح كابوساً، وحركة المرور توقفت لمدة شهرين. أغلقت الطرق السريعة والجسور بين الولايات، وتضررت الطرق المحلية، وغمرت المياه عشرة مطارات وتوقفت كل حركة مرور السكك الحديدية في الغرب الأوسط الأمريكي، وتضررت جودة المياه من خلال تدمير العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي [١٧]. هذا الفيضان لم يكن عادياً، وقال مارك توين Mark Twain قبل مائة عام [١٨]، إن نهر المسيسيبي " لا يمكن ترويضه، وكبحه أو محاصرته، لا يمكنك منع مساره باستخدام السدود والحواجز وقد يهدم المدن التي يمر بها، سوف يبقى نهر الميسيسيبي دائما يتصرف بطريقته الخاصة، ولا يمكن للمهارة الهندسية إقناعه بغير ذلك"

في الواقع تطوير وتنمية مناطق السهول الفيضية يزيد من احتمال حدوث فيضانات خلال زيادة الأسطح غير المنفذة وزيادة معدل الجريان السطحي، كما أنه يقضي على الأراضي الرطبة التي من شأنها أن تبطئ بشكل طبيعي من مياه الفيضانات، عندما يكون هناك تطوير في السهول الفيضية، يصبح من الصعب عدم وجود أضرار في الممتلكات حتى مع الفيضانات الصغيرة، إذا تم استخدام الأراضي بشكل صحيح، يمكن أن يتم اختيار احد السهول الفيضية وفرض منطقة يحظر البناء عليها، كما أنه يمكن إنشاء مناطق للترفيه، وممرات للمشي، والصيد، وما إلى ذلك، ولكن ليس البناء والتطوير بشكل دائم، الذي يتطلب التدبر والتخطيط الحضري، والالتزام من قبل المسؤولين المحليين. يتم بناء كل شيء من المناطق الحضرية الرئيسية إلى المناطق الفرعية على ضفاف النهر، ولكن يبدو أننا في كل مرة يفاجأ البشر بعدم المقدرة على السيطرة على الفيضانات، يتم تجفيف وتسوية مساحات شاسعة للزراعة دون النظر إلى المنحنيات المائية للنهر. ستمر بعض السنوات على الأراضي التي لا يمكن زراعة تربتها لأنها تبقى رطبة جدا طوال الفترة، وهذا ينبغي أن ينبهنا عن الحكمة من تسوية وتنظيف تلك القطعة من الأرض

للزراعة أو أي استخدام أخر، بل هو أيضا مؤشر ممتاز من حيث ينبغي استعادة الأراضي الرطبة في هذه المنطقة بالذات.

النهر وبيئة الجداول المائية River and stream ecology

مصدر الطاقة Energy source

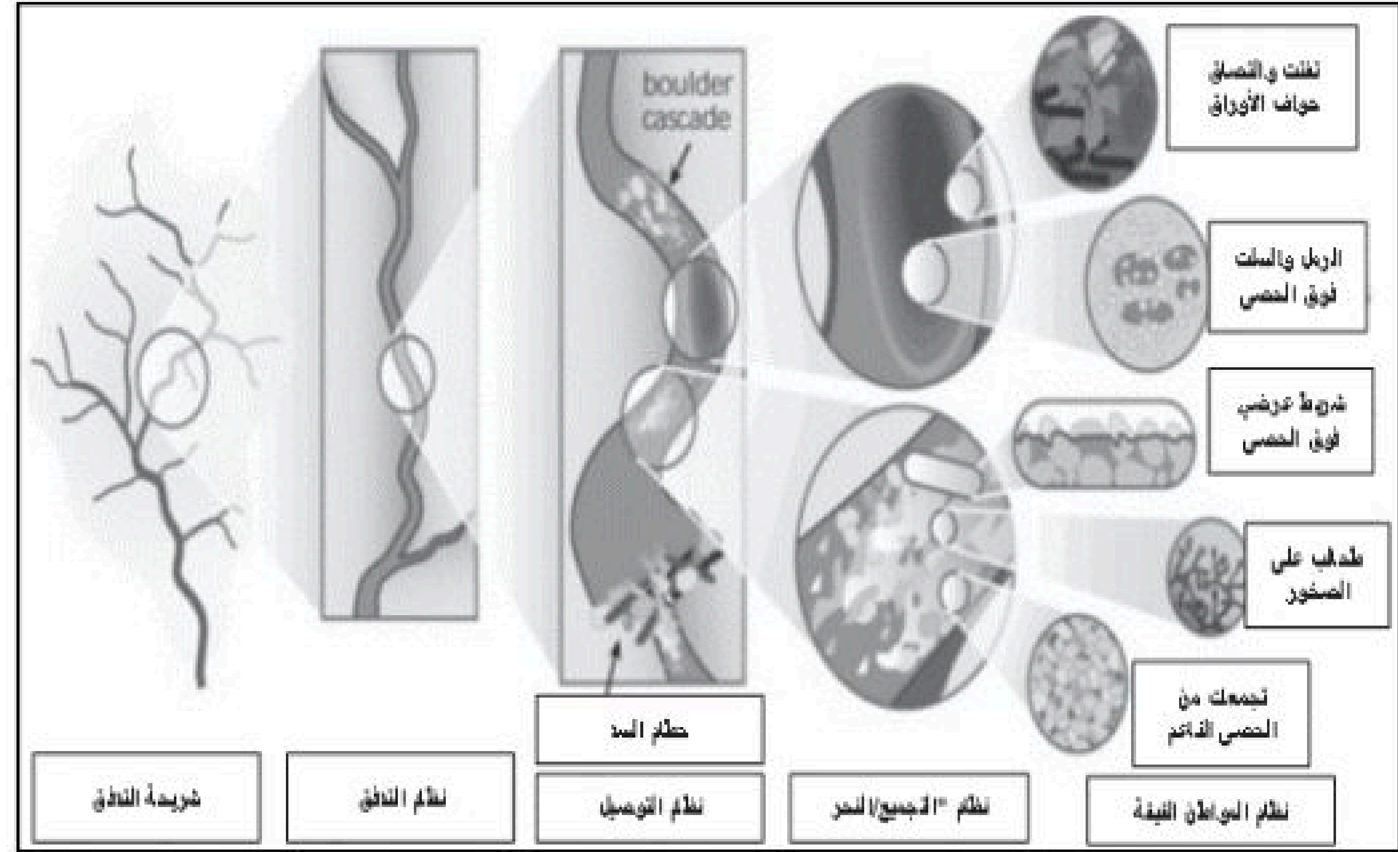
تتحصل الأنهار والجداول المائية على معظم طاقتها من أحواض التجميع، ويوفر حوض التجميع العناصر الغذائية اللازمة من خلال نقل الرواسب، ومع ذلك. تتحرك العناصر الغذائية مع تدفق المياه، التي تدخل النهر لتصبح في صورة متحركة، مما يجعل مكث الماء في مكانه قصيراً جداً، الكائنات الحية المنتجة والمستهلكة تعيش في بيئة النهر الشاطئية نفسها. الكائنات الحية في الأنهار هي في معظمها مستهلكة للطاقة، مثل الأسماك والضفادع، أما الكائنات الحية المنتجة للطاقة فتميل للعيش في قاع النهر، وتسمى الكائنات الحية القاعية، أو اللافقاريات. الأنهار المحتوية على بقايا النباتات عادة ما تحتوي على العديد من العناصر الغذائية أيضاً، ويمكن أن يكون تراكم المغذيات، أو الطاقة معقدا في التدفق المنخفض؛ لأنه لا يوجد تدفق للمياه لحمل المواد إلى منطقة الترسيب. النظام النهري بأكمله يصبح، في الواقع، منطقة ترسيب وتراكم الطاقة الزائدة.

الكائنات الحية والمأوى Organisms and habitats

توفر الأنهار والجداول المائية على السطح، وفي عمود الماء، وعلى الجزء السفلي من النهر (المنطقة القاعية)، والأنهار ذات القاع شبه المنفذة بمنطقة أسفل قاع النهر hyporheic. لاحظ في الشكل ٨,١٩ المواد الغذائية والمأوى للافقاريات والكائنات الدقيقة هي في النطاق الأصغر. جراد البحر، والمحار والرخويات، واليعاسيب، ويرقات ذبابة مايو والذبابة الحجرية جميعه تعيش في هذا النطاق الصغير نفسه. الصخور وأغصان الأشجار وغيرها من الأسطح توفر منافذ لهذه الكائنات التي تشكل الجزء السفلي من السلسلة الغذائية، الكائنات ذاتية التغذية Autotrophs هي مصدر الغذاء الأساسي للطيور المائية، والأسماك، والسلاحف، والبرمائيات. الكائنات ذاتية التغذية هي النباتات الخضراء، الدياتومات (الطحالب المجهرية سيلكانية الجدران)، والطحالب الخيطية، والأولويات (عادة الكائنات وحيدة الخلية بما في ذلك الطحالب والأوليات) التي تستخدم الطاقة من الشمس وتستخدم المواد المغذية من الماء لتكوين الغذاء (انظر الشكل ٨,٢٠). الكائنات ذاتية التغذية تكون ملتصقة، وكذلك العوالق النباتية في مياه الأنهار والبحيرات. الحيوانات التي لا تكون الغذاء Heterotrophs (الأسماك

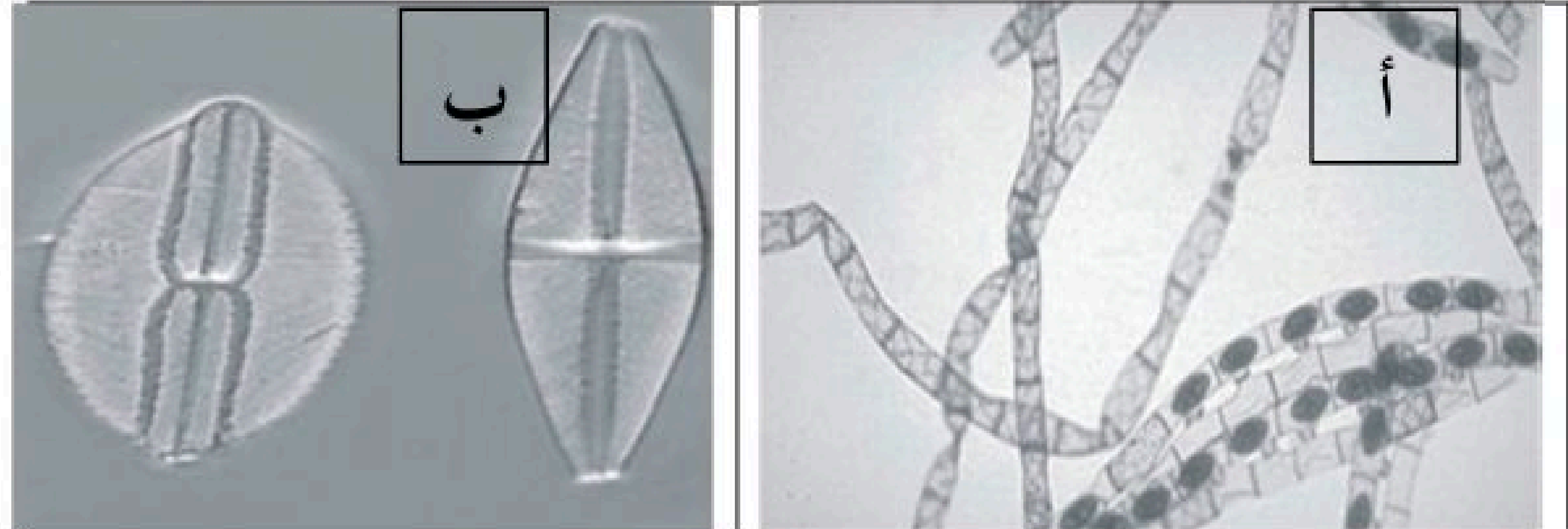
والبرمائيات والطيور المائية) تستخدم المواد العضوية التي تنتجها كائنات ذاتية التغذية، أو أنه قد تم غسلها في النهر. يمكن أن تقل الكائنات ذاتية التغذية (النباتات الخضراء) بسبب عدم وجود ضوء الشمس في الجداول المائية العكرة، والعميقة، أو المضطربة.

يمكن للنباتات ذات الأوراق الكبيرة (النباتات المائية الكبيرة) أن تكون أساس جذورها في التربة وأوراقها تخرج من الماء. قد يكون لديها أوراق عائمة التي تعلق بمواد نهرية أو مجرد عائمة بحرية.، بعض أشكال بقايا النباتات يمكن أن تكون عائمة بحرية، ومغمورة، أو متجذرة في مواد القاع النهرية. جميع النباتات ذات الأوراق الكبيرة لا تنمو إلا مع أشعة شمس كافية. معظم النباتات ذات الأوراق الكبيرة لا تتكيف بشكل جيد مع المياه الجارية، وعادة ما توجد هذه النباتات في المناطق الراكدة بالمناطق النائية، والدلتا، والأراضي الرطبة المتجاورة.



شكل ٨,١٩. القياس المكاني للجدول المائي بالتركيز على الكبير إلى الصغير.

(Image courtesy of) FISRWG)



شكل ٨,٢٠. هذه أمثلة للكائنات ذاتية التغذية **autotrophs** (أ) الطحالب الخضراء المزرقة، (ب) الديتومات.

هناك العديد من الحيوانات التي لا تعيش في الأنهار أو الجداول المائية، ولكن تعتمد على تدفق المياه والمنطقة الشاطئية في المأوى والغذاء ومأوى التعشيش لبقية الحياة. عدد لا يحصى من حيوانات الفراء الصغيرة ، مثل ثعالب الماء، والقندس، والكيب، وحيوانات الراكون، وفأر المسك ، لديها مأوى في المناطق الشاطئية أيضاً. التماسيح، وفرس النهر، والعديد من البرمائيات، والطيور، والآلاف من الطيور، تمثِّل الأنهار والجداول المائية مسكناً لها، على سبيل المثال: الطيور المفترسة، من النسر إلى العقاب، والطيور الساحلية، والخرشنة والنورس؛ والطيور التي تتغذى على المواد العائمة وبقايا النباتات، وآكلة السمك، والبجع، ومالك الحزين، والطيور المائية، والبط البري الخشبي، والبجع، والأوز جميع هذه الحيوانات وغيرها الكثير تعتمد على الأنهار، والجداول المائية، والأراضي الرطبة، والمياه من أجل الحياة.

توفر البرك ملجأ خلال فترات الجفاف عندما تنضب تدفقات الأنهار. البرك أيضا مأوى للكائنات الحية التي تفضل مناطق مناسبة، ومناطق المياه الراكدة، مثل الديدان والبراغيش والضفادع وجراد البحر [١٩]. الأسماك الكبيرة تأتي لاصطياد الفريسة، أو تسبح في قيعان الأنهار. مستويات الأكسجين المذاب تميل إلى أن تكون منخفضة في البرك، ويمكن أن تصبح مشكلة كبيرة إذا زادت أعداد الكائنات الحية زيادة كبيرة جداً. عند انخفاض مستويات الأكسجين المذاب، تتراكم الكائنات الميتة. سوف تأكل الأسماك من هذه البقايا حتى تتضخم أو تصاب بالتخمة، على غرار البشر! عندما يحدث هذا، فإنه ليس من غير المألوف أن نرى نفوق الأسماك، على الفور، أو بعد عدة أسابيع لاحقة، من الإصابات الناجمة عن الفطريات، والطفيليات، والبروتوزوا، أو البكتيريا.

تميل المناطق الصخرية الضحلة من الأنهار إلى أن تكون غنية بالحياة، وتصل أشعة الشمس في المياه المتدفقة الضحلة إلى المناطق العميقة منها. تزدهر الدياتومات Diatoms والأسماك الصغيرة محمية من الأسماك الكبيرة جدا التي لا تستطيع السباحة في المياه الضحلة. الطحالب الخضراء الخيطية Cladophora تلتصق على الصخور في حين أوراقها تجري مع الماء. هذه الطحالب هي مأوى رئيسي لأنواع مختلفة من الذباب والبراغيش [٢٠]. يشيع استخدام مصطلح الحطام الخشبية الكبيرة (LWD)، وهو مهم باعتباره الركيزة العضوية للمأوى. مناطق الأغصان الميتة، والأشجار مهمة كمناطق مأوى بالنهر، ولا تقل أهمية عن البرك والمناطق الصخرية الضحلة.

الطبقة القاعية غير العضوية تتكون من الصخور،> ٣٠ سم (١٢ بوصة)، والحجارة، ٨-٣٠ سم (٣-١٢ بوصة)، والحصي ٠،٦-٨ سم (٠،٢٥-٣ بوصة)، والحبيبات الناعمة من الرمل والطمي، < ٠،٦ سم (٠,٢٥ بوصة). هذه الأنواع من الطبقة القاعية لها أهمية خاصة بالنسبة لبيض الأسماك، مثل السلمون [٢١]. في كثير من المناطق، يتم إدراج الطين لأنه جزء من القاع الموحل للنهر. يطبق ما ذكر في الفصل الرابع عن جودة المياه على الأنهار والجداول المائية، وكذلك البحيرات والأراضي الرطبة. لمعرفة المزيد، تحقق من المواقع الإلكترونية المرجعية، وخذ مقررات دراسية في علم المياه العذبةlimnology، والجيومورفولوجيا النهرية والأسماك، والأحياء، وما إلى ذلك، أو مجرد قراءة ودراسة ما تجد من حولك. قد ترغب في الحفاظ على مجلة بالطبيعة لمعرفة ما يجري من حولك، انظر حولك والتقط الصور، وارسم (ليس هناك حاجة إلى موهبة فنية، لأنها ستكون الصور). ومع ذلك، قد تجد المواهب المخفية وتصبح مهتماً بالطبيعة.

مقالة من كارولين شوت Guest essay by Carolyn J. Schott

كارولين شوت (الشكل ٨,٢١) عالمة وصاحبة شركة Ecological Inc Lifezone وهي متخصصة في علم البيئة والحياة البرية، وعلوم أحواض التجميع، وإعادة تأهيل مأوى الحياة البرية، مؤهلاتها تشمل بكالوريوس العلوم في إدارة الموارد الطبيعية من جامعة ولاية كولورادو ودرجة الماجستير في العلوم الموارد من قسم إدارة النظم البيئية في جامعة نيو إنجلاند في أستراليا.

إعادة تاهيل الجداول المائية وتخفيف آثار الفيضانات في منطقة هيكلاHecla، منطقة منابع الترفيه بأركنساس، كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية Stream restoration and flood mitigation at Hecla Junction, Arkansas Headwaters Recreation Area, Colorado, USA



شكل ٨,٢١. كارولين شوت Carolyn J. Schott

الخلفية Background

تسببت الأمطار الغزيرة خلال يومي ١١-١٢ اغسطس، ٢٠٠٦ في مقاطعة تشافي، كولورادو، الضرر على العديد الروافد المؤقتة في أعالي وادي نهر أركنساس وطالت مرافق عديدة وأوجدت المناطق الرسوبية عند مصب أحد الروافد الصغيرة داخل منطقة هيكلا الترفيهية (الشكل ٨,٢٢). يبعد مفرق هيكلا مسافة قصيرة عن المنطقة البرية والمناظر الطبيعية الخلابة والقريبة من النهر التي تعرف باسم كانيون براونBrown's Canyon، كما شملت أيضاً جزءاً لا يتجزأ من منطقة منابع أركنساس الترفيهية (AHRA).

لحسن الحظ، لم تكن هناك إصابات أو وفيات سببتها تلك الفيضانات، ولكن الأضرار التي لحقت بالبنية التحتية، وكذلك بالبيئة الطبيعية كانت كبيرة جداً. مباشرة بعد الفيضان، عمل أفراد شعبة الحدائق والاستجمام في الهواء الطلق (متنزهات حكومية) بكولورادو بشكل محموم لإصلاح المناطق الأكثر تضررا من أجل استعادة البنيات الأساسية في الموقع، ومع ذلك، كان القصد من الحلول الأولية المؤقتة أن تكون ذات طبيعة مؤقتة فعلاً،

وطلب مشروع للاستعادة المستدامة وللتخفيف من الفيضانات وللحد من التعرض المستقبلي للفيضانات والحفاظ على السلامة البيئية للموقع.

الوصف البيئي **Environmental description**

منطقة ممر نهر أركنساس ضمن قسم AHRA هي واحدة من أكثر المناطق تنوعا في ولاية كولورادو، وتنحدر مياه النهر من قمم الجبال العالية، وتتدفق خلال النظم الجبلية المتنوعة لتنتهي في نظام النهر النهائي. ظل الممر في حالة جيدة على الرغم من التعديلات التي قامت عليه بما في ذلك السكك الحديدية والطرق السريعة المزدحمة، والأنشطة الزراعية الكبيرة، والتنمية.



شكل ٨,٢٢. صيانة مفرق هيكلا **Hecla** يظهر تحرك المواد الطمنية إلى نهر أركنسا.

Photograph by Rob) White, Arkansas River Headwaters Recreation (Area Park Manager



شكل ٨,٢٣. مفرق هيكلا **Hecla** يظهر التعرية.

(Photograph by Jason Carey, River Restoration Org. PE)

قسم AHRA وجهة شعبية للغاية للمهتمين بنظافة المياه. منطقة براون كانيون من نهر أركنساس هي واحدة من أكثر المناطق لركوب القوارب النهرية (طوافة) Raft تجاريا في الولايات المتحدة، ويشكل مفرق هيكلا واحداً من أكثر المناطق استخداما للقوارب النهرية على المواقع في العالم. يقدم موقع كانيون براون سرعة من الدرجة الثالثة والرابعة خلال موسم عادي من رياضة القوارب مع انخفاض في الميل بمقدار ٦ أمتار لكل كيلومتر (٣٠ قدما لكل ميل). يوفر برنامج إدارة التدفق ما لا يقل عن ٢٠ متر مكعب في الثانية (٧٠٠ قدم مكعب في الثانية) تدفق خلال أغسطس ١٥ سنوياً. الأنشطة الأخرى في المنطقة تشمل صيد الأسماك، والقوارب الخاصة، والتخييم، والمشي، ومشاهدة الحياة البرية. المنطقة لها تأثير حيوي على اقتصاد الوادي بسبب توافر الفرص الترفيهية، والجمال الطبيعي، والإنتاجية البيولوجية.

يقع نهر أركنساس في مفرق هيكلا على ارتفاع ٢٢٨٦ متر (٧٥٠٠ قدم) في المنطقة الجبلية العليا، وتسود أشجار العرعر من النوع *pinynon juniper* على المنحدرات المحيطة بمنطقة المشروع، كما يوجد بالمنطقة شجيرة المريمية والمراعي المفتوحة، وتأتي الرواسب بتشكيلات من المناطق الجافة وتشمل التربة الضحلة مع نفاذية عالية، التي تؤدي إلى ترب طينية طمئية، وتعرية خندقية (الشكل٢٣ ,٨). نهر أركنساس أسفل منطقة المشروع يشمل بركاً ضحلة، وممراً ضفافياً ضيقاً يشتمل على أشجار الصفصاف ومناطق شجيرية مرتبطة بالمستنقعات العشبية. تختلف قيم مأوى الأحياء البرية والمائية داخل منطقة المشروع. المنطقة مناسبة لمختلف الأنواع بما في ذلك الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات.

سمك التروت المرقط البني يشكل أكثر من ٩٠ ٪ من صيد الأسماك بالمنطقة، وأسماك التروت قوس قزح تعيش أيضا في المنطقة. تأثرت أعداد اللافقاريات بالفيضان، ولكن وفقا لشعبة كولورادو للحياة البرية (CDOW)، فإن أعدادها انتعشت بسرعة. أدرجت الدولة الاتحادية وحكومة الولاية الأنواع في منطقة AHRA بأنها تتطلب إدارة وعناية خاصة وفقا لقانون الأنواع المهددة بالانقراض لعام ١٩٧٣ (الجدول ٢ ,٨).

جدول ٨,٢. قائمة بأنواع منطقة منابع أركنساس الترفيهية (AHRA).

الاسم الشائع	النوع	الحالة أ
صقر الشاهين	Falco peregrinus	SC
النسر الأصلع	Haliaeetus leucocephalus	FT,ST
الزقزاق الأنبوبي	Charadrius melodus	FT
البومة المكسيكية المنقطة	Strix occidentalis lucida	FT,ST
العقاب	Pandion haliaetus	SC
ثعلب الماء الشمالي	Lutra Canadensis	ST
الوشق الكندي	Lynx canadensis	FT,ST
الخفاش ذو الأذنين الكبيرة	Corynorhinus townsendii	SC
الضفدع النمري الشمالي	Rana pipiens	SC
فراشة حشيشة الحجل	Boloria acrocnema	FE

SC= اهتمام خاص، FT = مهددة اتحاديا، FE = مهددة بالانقراض اتحاديا، ST=مهددة من الولاية، SE = مهددة بالانقراض من الولاية.

Source: Smith, R. E. and Hill, L. M., eds., 2000, Arkansas River Water Needs Assessment, Denver, Colo.: USDI BLM, US BOR, and USDA Forest Service

كشفت المسوحات الميدانية نوعين من الطيور مدرجة اتحاديا بأنها مهددة بالانقراض، ولوحظ وجود النسر الأصلع bald eagle في ديسمبر كانون الاول عام ٢٠٠٦. لوحظ وجود الزقزاق الأنبوبي piping plower في أبريل ٢٠٠٧. وفقا لخبراء CDOW المحليين، ومن المعروف أن طيور الشماط juvenile osperysتستخدام الممر وتوجد الطيور المغردة المهاجرة المختلفة الأنواع في أوقات مختلفة من السنة. توفر المنحدرات الصخرية المنعزلة بيئة مناسبة للصقر القناص الأمريكي والبومة المكسيكية المرقطة، وبالإضافة إلى ذلك، توافر الوشق الكنديIynx ، والقندس المائي الشمالي otter، والوطاويط الكبيرة ذات الأذنين على طول نهر أركنساس. الاتصالات الجيدة مع توافر خدمات الحصول على الأسماك والحياة البرية الأمريكية وCDOW تضمن حماية هذه الموارد الحيوية، وسيتم الشروع في تقديم بيان عن الأثر البيئي عن المشروع مع تطوره.

تأهيل الجداول المائية وتخفيف آثار الفيضانات Stream restoration and flood mitigation

في أوائل عام ٢٠٠٧، عمل خبراء من متنزهات الولاية، ومكتب إدارة الأراضي (BLM)، ومجلس المحافظة على المياه بولاية كولورادو (CWCB)، وقسم الحياة البرية بولاية كولورادو،(CDOW)، ومنطقة أركنساس للترفيه

مع المواطنين AHRA مع شركات استشارية بيئية منها Lifezone Ecological, Inc ومنظمة River Restoration.Org إلى تقييم تاريخ الموقع، ووضع خطة لاستعادة الجدول المائي والتخفيف من الفيضانات.

ومن أجل الكشف عن الفرص والقيود للنجاح في استعادة الجدول المائي لفترة طويلة الأجل، أجريت دراسات بشأن الهيدرولوجيا والهيدروليكا والجيومورفولوجيا والبيئة، والأهمية الاجتماعية والاقتصادية.

استخدم فريق المشروع نهجاً شاملاً لمفهوم الخطة. الرواسب الطمئية على شكل مراوح هي قوة ديناميكية طبيعة تخدم الغرض البيئي لإعادة الرواسب في النهر، وبالتالي فإن الخطة تتوقع نقل الرواسب على طول الرافد. احترام هذه البيئة يسمح بالاستمتاع بالخدمات الترفيهية الترفيهية في المناطق المجاورة للمنطقة النهرية.

تم إكمال الدراسة بعد الفيضانات لتقدير الفاصل الزمني لتكرار حدوث الفيضانات من خلال النمذجة الهيدروليكية، وعُمِلَ تصميم للتدفق لموقع التخفيف يعتمد على إعادة بناء حصول الفيضان، كشفت الدراسة الاستنتاجات الآتية:

- قدرت كمية الأمطار الساقطة بنحو ٩ سم (٣,٥ بوصة) على أحواض تجميع المياه على مدى فترة قصيرة.
- قفز المقياس على نهر أركنساس في مفرق هيكلا من ٢٠ إلى ١١٣ متراً مكعباً في الثانية (٧٠٠ إلى ٤٠٠٠ قدم مكعب في الثانية) خلال العاصفة المطرية.
- رسبت الفيضانات الرواسب وأُنشئت الرواسب الطمئية المروحية الشكل التي امتدت أكثر من ٩ أمتار (٣٠ قدما) في النهر.
- وقدر تدفق الفيضان في ذروته بمجرى الرافد (١٥٠٠ قدم مكعب في الثانية) (عاصفه فترة عودتها مرة كل ١٠٠ سنة).

مفهوم الخطة تهدف إلى:

- استعادة الوظيفة الكاملة لرياضة القوارب التي تستخدم بكثرة في موقع AHRA.
- التقليل من الحاجة إلى الصيانة المكلفة عند حدوث الفيضانات والترسبات.

- التقليل من خطر حدوث إغلاق الموقع وانخفاض وصول المستخدم لزيادة الاستدامة الطويلة الأجل للفوائد البيئية والبشرية.
- تعزيز البيئة الطبيعية باستخدام تقنيات الثابت الحيوي المناسب.
- إضافة النباتات المحلية للمناطق العازلة والمأوى.
- تحديد احتياجات السماح والتصميم النهائي.
- إعداد تقديرات التكاليف وقائمة بمصادر التمويل المحتملة للتنفيذ.

يشمل مفهوم الخطة جزءاً مهماً من تقنيات الثبات الحيوي، مثل: الأقمشة القابلة للتحلل، وغرس الأشجار للسيطرة على التعرية، والمواد الخشبية الخشنة للحد من سرعة التدفق. توفر تقنيات الثابت الحيوي مأوى لمجموعة متنوعة من أنواع الحيوانات البرية المحلية والمهاجرة من خلال توفير الأمن والغطاء النباتي، وكذلك دعم السلسلة الغذائية. يتوافر البناء المعتمد على تقنيات الثابت الحيوي حيث الثدييات الصغيرة التي يمكن أن تقيم فيها، أو يمكن لهذه الجيوب أن تجمع يرقات الحشرات ونموها، التي تقدم بدورها فريسة للحشرات وآكلة اللحوم المرتبطة بالمنطقة الشاطئية.

الاستنتاجات Conclusion

بعد حدوث الفيضان الكبير في موقع مفرق هيكلا المستخدم بشكل كبير، عملت الولاية والحكومة الاتحادية مع فريق استشاري مؤهل لوضع خطة مستدامة شاملة بطريقة متوافقة مع البيئة المحيطة بها، وساعدت الخطة إدارة المتنزهات الحكومية في صياغة الفرص والقيود في الموقع، وشكلت هناك حاجة إلى الصيغ الهيدروليكية، ونماذج نقل الرواسب، والتصميم الهندسي النهائي قبل تنفيذ الخطة.

فرص أخرى يجري استكشافها بمنطقة مفرق هيكلا تتضمن تفسيرات لتعليم الزوار، والوصول لمناطق الصيد، والجسور، أو الممرات الهندسية للسماح لمرور الرواسب. الأهم من ذلك، تسعى هيئة متنزهات ولاية كولورادو للحد من نفقات الصيانة على المدى الطويل مع تعظيم استخدام الموقع.

تلتزم هيئة التخطيط للموقع البيئي لتوجيهات وسياسات إدارة الجداول المائية وأهدافها بما يتفق مع وصفBLM براون كانيون البرية والمناظر الطبيعية الخلابة ومع أنظمة مهندسي الجيش الأمريكي فإن قانون المياه

النظيفة بالقسم ٤٠٤، يتسق مع قانون السياسة البيئية الوطنية، وقانون الأنواع المهددة بالانقراض، وقانون الطيور المهاجرة.

التكاليف المتوقعة لبناء مشروع مستدام على أساس خطة واضحة حوالي مليون دولار أمريكي، وقد تم تمويل الخطة من قسم الحماية من الفيضان من قسم مجلس المحافظة على المياه بولاية كولورادو شكر خاص لتوم براوننجTom Browning ، رئيس قسم CWCB، للتوجيه والدعم.

ملخص الفصل Summar points

تشمل وظائف الأنهار الرئيسية تنقية المياه والنفايات، والترفيه، وإمدادات المياه، والجماليات، والسيطرة على الفيضانات، والمأوى، وتخفيف آثار الجفاف، والمحافظة على التربة، وجودة المصب والأراضي الرطبة ، والحفاظ على التنوع الحيوي،.

- يمكن القضاء على وظائف النهر بالاستخدام المفرط، وقد حدث هذا عبر التاريخ أينما طورت الحضارات الكبيرة كمجموعة بشرية تستخدم الأنهار في مواقع لإلقاء النفايات، والعديد من الأنهار بلغ في استخدامها كمكب للنفايات مما أدى إلى تدهورها بالكامل.
- علم الجيومورفولوجيا النهرية هو دراسة تشكيل وبناء الأنهار.
- التعرية، ونقل الرواسب، وترسيب الرواسب هي العمليات الجيومورفولوجية التي تشكل كل من قناة النهر والسهول الفيضية.
- يتكون نظام النهر من ثلاثة أجزاء – القناة، والسهول الفيضية، ومنطقة الانتقال العليا أو المنطقة الهامشية.
- على طول أمتداد النهر توجد المنطقة الشاطئية، وغالبا ما تسمى المنطقة العازلة الشاطئية، لأنها تعترض المياه قبل أن تدخل النهر.
- يتكون الامتداد الطولي للنهر من منابع المياه، والمنطقة الانتقالية، وأخيراً منطقة الترسيب.
- أفقيا، الجزء الأعمق من النهر هو thalweg .

• يمكن أن يكون تدفق نهر معمر، ومتقطع، أو سريع الزوال، وحيث تتدفق الأنهار فالتدفقات ليست ثابتة، وخصائص النهر ليست ثابتة.

• تظهر المنحنيات المائية العلاقة بين التدفق مع الزمن، حيث تستخدم هذه العلاقة بصورة مفيدة جدا في إدارة مياه النهر.

• تدفق الفيضانات والتدفقات المنخفضة هي جزء من النظام الطبيعي للنهر، ويمكن تغيير كل منهما بالتدخل البشري مع عواقب متفاوتة.

• عرفنا سابقا حوض التجميع (تجميع المياه، أو حصد المياه) بأنه الأرض التي تصرف إليها المسطح المائي (الجدول المائي، والنهر، والبركة، والبحيرة، أو المحيط). وهي مهمة جدا للنهر لأن الكثير من الطاقة النهرية تأتي من الأراضي.

• هناك ثلاثة أنواع من الجريان السطحي: السطحي، أو التدفق فوق الأرض، التدفق تحت السطحي الضحل (throughflow)، والجريان السطحي المشبع.

• نهر الماء له وقت إقامة قصيرة لأنه يتحرك باستمرار إلى المصب.

• الطاقة الغذائية يتم اعتراضها من قبل الكائنات المائية.

• الأحياء ذاتية التغذية Autotrophs هي النباتات الخضراء، والدياتومات والطحالب الخيطية والأوليات التي تستخدم الطاقة من الشمس والمواد المغذية من الماء لتكوين المواد الغذائية.

• غير ذاتية التغذيةHeterotrophs (الأسماك والبرمائيات والطيور المائية) وتستخدم المواد العضوية التي تنتجها autotrophs، أو التي تم غسلها في النهر.

• استعادة نظام النهر هي عملية معقدة يجب أن تبدأ مع صورة واضحة عما هو مطلوب للقيام به لاستعادة نظام النهر.

أسئلة للتحليل Question for Analysis

١ . ما هي الكارثة البيئية الأمريكية التي ينسب إليها بدء التحرك البيئي للولايات المتحدة الأمريكية؟

أ. الحريق بنهر كاياهوغا في عام ١٩٦٩ (ص ٢٢٤-٢٢٦). ومع ذلك، وضع العديد من الأحداث الأخرى لها شرف المطالبة بذلك.

٢. ما هي بعض العواقب غير المقصودة من الوقاية من فيضانات الأنهار؟

أ. موقع تدفق النهر والسهول الفيضية، والمنحدر الطبيعي للمأوى في نظام النهر، وهذا يوجد الأراضي الرطبة التي تشكل أرضاً خصبة لحضانة الأسماك الصغيرة، وكذلك تغذية المأوى للطيور والحيوانات البرية الأخرى، تنوع الأنواع وصحتها يعتمد على توافر المأوى الجيد بعد الفيضانات.

ب. خلال الفيضانات، يترسب الحصى والرواسب الناعمة مما يؤدي إلى تسميد الأرض، وخلق مأوى جيد للبيض، والتنظيف، وإثراء المياه بالمواد العضوية التي توفر الغذاء للأسماك الصغيرة.

ج. التدفقات العادية العالية تشكل قناة النهر عن طريق إزالة وترسيب الرواسب.

د. الفيضانات هي أيضا الوقت المناسب لكثير من الكائنات الحية المائية للانتقال من مكان إلى آخر.

هـ. تساعد التدفقات العالية على الحفاظ على المياه ذات الأوكسجين الذائب (صفحة ٢٤٣).

٣. كنت مخططاً لمدينة في منطقة جافة، يتم توجيهك إلى تعظيم التدفق من المدينة إلى نظام النهر لإمدادات المياه، ما هي مخاوفك الرئيسية؟

سوف تختلف الإجابات، ولكن ينبغي أن تشمل الاهتمام بجودة المياه، وكيفية التعامل مع كميات التدفق، وكيف يؤثر استخدام الأراضي على التدفق وجودة المياه، وما هي مكونات نظام مياه العواصف، وأفضل الممارسات الإدارية لإدارة أي مخاوف.

٤. هل هناك أي من الظروف التي يمكن أن تغير تدفق النهر من دائم إلى متقطع؟ ما هي بعض من العواقب البيئية المحتملة للتغيير في تدفق النهر؟

أ. يمكن تحويل مجاري المياه، سواء المياه السطحية والجوفية، والجفاف يغير تدفق النهر إلى متقطع.

ب. القضايا البيئية مثل فقدان المأوى، وجودة المياه، وانخفاض تغذية المياه الجوفية، وتضرر الأراضي الرطبة، وموت الأنواع المائية (ص٢٣٦).

٥. هل استعادة نظام النهر ممكنة؟ ما هي الخطوة الأولى في استعادة العملية؟

أ. سوف تختلف الإجابات، نعم مع بعض المحاذير تبعاً لمدى التغير، فقد يكون من الصعب استعادة نظام النهر إلى وضعه الأصلي، ولكن التحسينات، وأحياناً الكبيرة منها يمكن أن تعمل المأمول منها.

ب. في البداية يجب تجميع فريق لدراسة هيدرولوجية نهر، والهيدروليكية، والجيومورفولوجيا، والبيئة، والأهمية الاجتماعية والاقتصادية لإنشاء قاعدة بيانات من كل ما هو معروف عن النظام (ص٢٤٨-٢٥٢).

لمزيد من القراءة

Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 1998, Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, Washington, D.C.: FISRWG.

Leopold, Luna B., 1997, Water, Rivers, and Creeks, Sausalito, Calif.: University Science Books.

Pielou, E. C., 1998, Fresh Water, Chicago, Ill.: University of Chicago Press.

Postel, Sandra and Richter, Brian, 2003, Rivers for Life: Managing Water for People and Nature, Washington, D.C.: Island Press

المراجع

[1] Hal Borland, 1957, This Hill, This Valley, New York: Simon and Shuster

[2] Luna B. Leopold, 1997, Water, Rivers, and Creeks, Sausalito, Calif.: University Science Books, p 175

[3] Time Magazine, 1969, "The cities: The price of optimism," August issue, http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,901182-2,00.html

[4] Gilbert Waldbauer, 2000, Millions of Monarchs, Bunches of Beetles: How Bugs Find Strength in Numbers, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p 201

[5] Sandra Postel and Brian Richter, 2003, Rivers for Life: Managing Water for People and Nature, Washington, D.C.: Island Press, p 8

[6] R. T. T. Forman, 1995, Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions, Cambridge: Cambridge University Press

[7] A. N. Strahler, 1957, "Quantitative analysis of watershed geomorphology," Transactions of the American Geophysical Union, 38, 913–920

[8] A. N. Strahler, 1952, "Dynamic basis of geomorphology," Bulletin of the Geological Society of America 63, 923–938

[9] R. E. Horton, 1933, "The role of infiltration in the hydrologic cycle," Transactions of the American Geophysical Union 14, 446–460

[10] Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 1998, Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, Washington, D.C.: FISRWG

[11] J. V. Ward, 1989, "The four-dimensional nature of lotic ecosystems," Journal of the North American Benthological Society 8, 2–8; and J. V. Ward and J. A. Stanford, 1989, "Groundwater animals of alluvial river systems: a potential management tool," in Proceedings of the Colorado Water Engineering and Management Conference, Colorado Water Resources Research Institute, Fort Collins, Colorado

[12] Leopold, Water, Rivers, and Creeks

[13] Leopold, Water, Rivers, and Creeks

[14] N. Poff, 1997, "The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration," BioScience 47, 769–784

[15] Leopold, Water, Rivers, and Creeks, pp 100–102

[16] Lee W. Larson, 1996, "The Great US Flood of 1993," presented at IAHS Conference Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters – Their Abatement and Control, Anaheim, California

[17] Lee W. Larson, 1993, The Great Midwest Flood of 1993, Natural Disaster Survey Report, Kansas City, Mo.: National Weather Service

[18] Mark Twain, 1883, Life on the Mississippi, Montreal, Quebec: Dawson Brothers

[19] Cristi Cave, 1998, School of Fisheries, University of Washington, http://chamisa.freeshell.org/habitat.htm, July 2007

[20] Leopold, Water, Rivers, and Creeks

[21] State of Washington, 2007, "Water module for water mapping by individuals, organizations and schools," http://depts.washington.edu/ natmap/water/index.html, July 2007

الفصل التاسع

الأراضي الرطبة
Wetland

أصبت بالرعب، جفت الينابيع، وجفت الجداول المائية، وانخفاض مستوى البحيرة يهدف إلى إبادة النمو من خلال المياه الجارية، ويعني موت الأشجار الكبيرة التي قد ازدهرت منذ بداية الزمن حول حدود البحيرات، ويهدف إلى موت مزارع الكروم والشجيرات والاعشاب، ونباتات السراخس والقزحية والزنابق المائية، ورأس السهم وإكليل الجبل وبساتين الفاكهة، وكان ذلك يعني، أيضا، قيام الإنسان بعملية جنونية ومتهورة حقا دون فهم ما يقومون به.

جين ستراتون-بورتر (1863-1924) (Gene Stratton-Porter)، رجل الطبيعة، والمؤلف، تلك تعليقات على تدمير مستنقع لمبرلوست إنديانا. 1 [Indiana's Limberlost Swamp]

الخطوط العريضة للفصل Chapter outline

- المقدمة
- سمات الأراضي الرطبة
- أنواع الأراضي الرطبة
- تصنيف الأراضي الرطبة
- الاتجاهات في الأراضي الرطبة

المقدمة

الأراضي الرطبة كلمة لها معانٍ مختلفة بالنسبة لنا جميعا. اعتمادا على ما نرى، ونعرف، أو نعتقد أننا نعرف عن هذه الأماكن المائية، بعض الأشياء المخيفة مثل المخلوقات الوحشية القاتلة بالمستنقع إلى التماسيح العملاقة، وحفر الرمال المتحركة المهملة وهي تخيلات وسائل الإعلام الشائعة، والحقيقة هي أن الأراضي الرطبة تحتوي على مجموعة متنوعة عجيبة ويمكن أن تكون غابات، وحشائش، وأعشاب، أو المستنقعات، ولكن لم يعرف أن أياً من الأراضي الرطبة تحتوي على مخلوقات وحشية؛ فقط التماسيح التي تفضل أن تترك وحدها. توجد الأراضي الرطبة في جميع أنحاء العالم، في كل القارات باستثناء القارة القطبية الجنوبية، وفي كل المناخات المختلفة بما في ذلك الصحاري والتندرا المجمدة. الغابات الشمالية Boreal (وتسمى أيضا تايجا Taiga) هي الغابات الصنوبرية ضمن الأراضي الرطبة، والبحيرات، والوديان، والسهول، وأراضي المواد العضوية النباتية التي تغطي ١٦ مليون كيلو متر مربع (ملايين ميل مربع) في روسيا (سيبيريا في المقام الأول)، وكندا، وألاسكا (انظر الشكل ٩,١). المناطق الروسية توجد بها أكبر الغابات في العالم بـ ١٢ مليون كيلومتر مربع (٤,٦ مليون ميل مربع). كندا لديها ثاني أكبر مساحة عند ٣,٦ مليون كيلومتر مربع (١,٤ مليون ميل مربع)، حوالي ٥٠٠ الف ميل مربع منها أراضٍ رطبة تسمى مسكيجز muskegs من قبل الشعب الغنقوين Algonquian. منطقة ألاسكا تحتل أيضا ٨١٠ ألف كيلومتر مربع (٣١٢ ألف ميل مربع). الغابة الشمالية الأمريكية تمثل ٣٠٪ من الأراضي الرطبة.



شكل ٩,١. توجد الغابات الشمالية فقط في خطوط العرض الشمالية بين ٥٠° إلى ٦٠° ، تغطي حوالي ١٧٪ منطقة سطح اليابسة بالكرة الأرضية.

باستثناء ألاسكا، فإن باقي مساحة سطح الولايات المتحدة بها نحو ٦ في المئة من الأراضي الرطبة وهي منطقة تعادل مساحة ولاية كاليفورنيا [٢]. يمكن بسهولة أن تتشكل الأراضي الرطبة في المناطق سيئة، أو ضعيفة شبكات الصرف الصحي، على سبيل المثال، كانت المناطق الجليدية في ألاسكا وكندا تغطى بالجليد منذ أكثر من ١٠ آلاف سنة مضت، هذه الفترة ليست طويلة بما فيه الكفاية في منطق الزمن الجيولوجي للمظاهر الطبيعة لتشكيل شبكات الصرف المتطورة من الجداول المائية والأنهار التي تحمل جريان المياه السطحية للبحر السماح لتطوير مصبات الأنهار بالأراضي الرطبة [٣].

على مستوى العالم هناك ١٠٦ ملايين هكتار (٢٦٢ مليون أيكر) من الأراضي الرطبة المحمية بموجب اتفاق دولي من اتفاقية رامسارRamsar Convention بشأن الأراضي الرطبة، التي عقدت في رامسار، إيران، عام ١٩٧١. تمت هذه الاتفاقية للمساعدة في تطوير اتفاق دولي لتحديد "الأراضي الرطبة الهامة دوليا" واختيار المعايير للبلدان لاستخدامها في تعيين وحماية هذه الأراضي الرطبة. اليوم، ١٥٥ دولة مشاركة في هذه الاتفاقية [٤]. وكان الهدف من المجموعة، حيث جاء في إطارها الإستراتيجي، على النحو الآتي[٥]:

لتطوير وصيانة شبكة دولية من الأراضي الرطبة ذات الأهمية لحفظ التنوع الحيوي العالمي وللحفاظ على حياة الإنسان من خلال الوظائف البيئية والهيدرولوجية التي يؤدونها.

كان هذا ولا يزال الدعم القوي لقيمة الأراضي الرطبة، حماية الأراضي الرطبة المحلية لا تقل أهمية.

على الأرجح أن كل منا رأى الأراضي الرطبة، للأسف، كثير من الناس لا يعطون الكثير من الاهتمام لهذه المناطق الرطبة التي يبدو من نظرهم أنها تحدث في أماكن منعزلة، في غرب ولاية نبراسكا، على سبيل المثال، قد نرى انخفاضاً في الأراضي المزروعة، وقد لا تبدو مثيرة للاهتمام بشكل خاص، ونحن نتساءل لماذا لم يشعر بها الفلاح مع التربة والنبات والمحاصيل في ذلك الموقع، لو نظرنا بصورة أقرب، سوف نرى على الأرجح الانخفاض، بقعة منخفضة في الأرض، مرتبطة بالحياة، طيور البلشون الأزرق blue heron تطير بعيدا بأمان، ولا تريد الشراكة مع أحد، تتغذى الطيور الساحلية من المسطحات الطينية حول المياه، طيور البط تجري صعودا وهبوطا، والبحث عن اللافقاريات التي تعيش في الماء، وعلى الصخور، والغصون، أو في الرواسب، طائر اليعسوب يرفرف في حين أن أصوات الضفادع تصدع مثل حركة مرور الأصابع على مشط البيانو، ضوضاء النقيق تأتي مع خلفية أصوات الحشرات، والغزلان الحذرة وغيرها من الثدييات تتجول في المساء متوقعةً الماء والغذاء، أراضي البراري الرطبة تحيط بها الحشائش المعمرة في الغالب، وتعتبر حيوية للحياة البرية، إنها توفر الغذاء، والمأوى، وملجأ للكثير من

الأنواع بما في ذلك الحشرات والزواحف والبرمائيات والطيور والثدييات، حتى انخفاض البراري الصغيرة في ولاية غرب نبراسكا هي موطن لكثير من الأنواع، وبمثابة محطة تعبئة ومجموعة استراحة لعدد أكبر بكثير (انظر الأشكال أرقام ٩,٢ و٩,٣ للحصول على أمثلة الأراضي الرطبة بنبراسكا).

سمات الأراضي الرطبة Wetland Features

للأراضي الرطبة ثلاث سمات مميزة ، التربة والغطاء النباتي، والهيدرولوجي، السمة الأولى أن تربتها من نوع الترب المائية Hydric soils. وهي الترب التي اتسمت بخصائص الترب المائية على مدى فترات طويلة من الترطيب والتجفيف، والسمة الثانية المميزة للأراضي الرطبة هي كثرة الغطاء النباتي من النباتات المائية hydrophytic. والسمة الثالثة هي الهيدرولوجي التي تحافظ على الحالة الرطبة خلال جزء كبير من موسم النمو.

هناك تعاريف عديدة للأراضي الرطبة، ويستخدم بعض هذه التعريفات لأغراض تنظيمية في حين أن بعضها الآخر يناسب علماً معيناً ، على سبيل المثال، علم النبات والمجموعات النباتية، أو وظائف الحياة البرية والأراضي الرطبة. التعريف التالي يستخدم المكونات الثلاثة التي تشكل الأراضي الرطبة [٦]:

الأراضي الرطبة هي أراضٍ انتقالية بين النظم الأرضية والمائية حيث مستوى الماء الأرضي عادة ما يكون عند أو بالقرب من سطح الأرض، أو إن الأرض مغطاة بمياه ضحلة... يجب أن تحتوي الأراضي الرطبة واحداً أو أكثر من السمات الثلاث الآتية: (١)، يجب أن توجد النباتات المائية hydrophytes. (٢) الطبقة السفلية يجب ألا تصرف المياه من الترب المائية. (٣) الطبقة السفلية لا تمثل التربة ومشبعة بالماء، أو مغطاة بالمياه الضحلة، في وقت ما خلال موسم النمو من كل عام.



شكل ٩,٢ الخريف في سهول **playa** في منطقة ساندهيل، نبرسكا، الولايات المتحدة

(Photograph by Karrie Pennington)



شكل ٩,٣. تحويل سهول playa في نبرسكا إلى أحواض لتخزين مياه الري.

(Photograph by Karrie (Pennington)

يستخدم هذا التعريف كأساس للتعاريف الآتية المستخدمة اليوم لأغراض تنظيمية، وغالبا ما يسمى بنظام Cowardian.وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) لديها تعريف آخر [٧]:

الأراضي الرطبة هي تلك المناطق التي غمرت أو شبعت بالمياه السطحية أو المياه الجوفية بتكرار ومدة كافية لدعم، وأنه في ظل الظروف العادية القيام بالدعم، انتشار النباتات المتكيفة للحياة في ظروف التربة المشبعة، تشمل الأراضي الرطبة المستنقعات، والأهوار، والمستنقعات الضحلة، والمناطق المماثلة.

غالبا ما يدعى العلماء للمساعدة في الحالات التي تنطوي على مسائل قانونية، مثل الامتثال للقوانين البيئية. ومع ذلك، فإن الطبيعة الأساسية لمهنتهم يتطلب من العلماء السعي لكل من دقة البيانات وتوافقها مع بعضها بعضاً، وكذلك دقة البيانات للقيم الفعلية في عملهم (دقيقة وصحيحة). ولايمكن استخدام هذه المصطلحات بشكل مترادف– إلا في العمل العلمي. الجواب على سؤال علمي قد يكون على وجه الدقة، ولكن ليس دقيقا فعلاً والعكس بالعكس. أسهل طريقة لتصور الفرق هو غالبا ما يستخدم "الهدف" مثلا (انظر الشكل ٩,٤).العلم يتطلب أن "الأجوبة" يجب تكون دقيقة قدر الإمكان. ببساطة، الدقة هي استنساخ الإجابة في حين التدقيق هو صحتها. من الواضح أن هناك حاجة إلى الدقة والتدقيق – على سبيل المثال، عند تكوين محلول كيميائي. في هذه الحالة، يجب على شركات الأدوية أن تكون دقيقة وصحيحة عند إنتاج الآلاف من قوارير لقاح بجرعات كيميائية دقيقة.

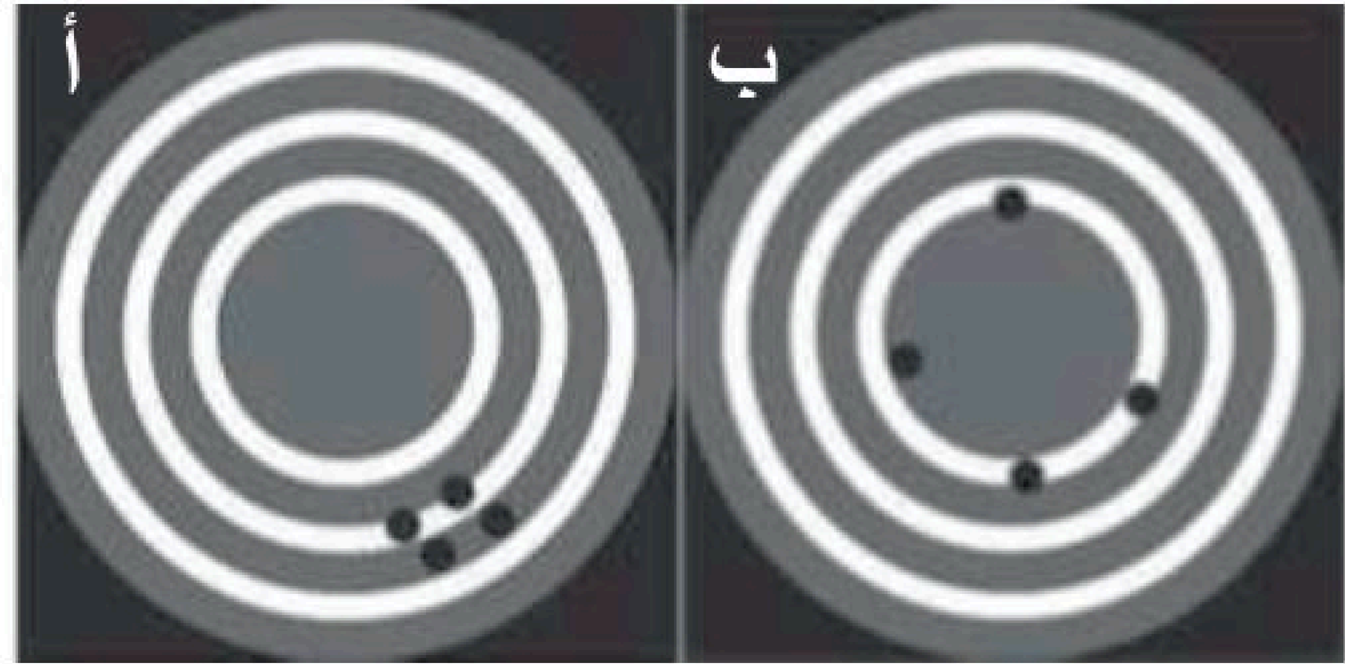
مرة أخرى، نرى التعريف يتضمن الهيدرولوجيا والغطاء النباتي من نوع النباتات المائية، والتربة المشبعة. مناقشتنا لجودة المياه في الفصل الرابع شملت التعرُّف على الغرض من استخدام المياه ووجهة نظر الشخص المطور للتعريف، ينطبق الشيء نفسه على الأراضي الرطبة، ومع ذلك، فإن المؤلفين Mitsch و Gosselink في كتابهما الممتاز عن الأراضي الرطبة [٨]، حذرا أنه على الرغم من وجود تعريف دقيق مهم جدا، ولكن التوافق على استخدامها هو

على قدم المساواة في الأهمية، هذا صحيح لأننا نعيش في عالم حيث العلم والمسائل القانونية يتفقان في كثير من الأحيان، دعونا ندرس بمزيد من التفصيل العناصر الثلاثة التي تنتج النظم البيئية للأراضي الرطبة، بدءاً بالتربة.

التربة Soils

يطلق على الأراضي الرطبة بالترب المائية hydric soils. وتعرف بأنها تلك الترب التي تشكلت في ظل ظروف التشبع، والفيضانات، أو البرك لفترة كافية خلال موسم النمو ضمن البيئية اللاهوائية (بدون الأكسجين) في الجزء العلوي من التربة [٩]. هناك حاجة لتحديد العديد من الشروط لفهم التعريف، (وهو شائع مع التعاريف العلمية لأن كل مجال في العلوم له مصطلح خاص به أو بلغته، هذه الكلمات يمكن أن تكون وصفية للغاية وتضيف ثراء إلى المفردات، ولكن يجب أن نتعلم من بداية الحماس والمعرفة للأراضي الرطبة)، تستخدم المصطلحات الآتية من قبل علماء التربة المهتمين بالأراضي الرطبة.

معايير فيلق المهندسين بالجيش الأمريكي (USACE) للأراضي الرطبة كما يلي:



شكل ٩،٤. (أ) الطلقات هي دقيقة، قريبة من بعضها بعضاً، ولكن إذا كان المقصود التصويب بالمركز، فهي ليست دقيقة.(ب) وهنا لقطات أكثر دقة لأنها في أو بالقرب من المركز، ولكنها منتشرة، ولذلك ليست دقيقة.

"لفترة كافية Long enough" وهي ٥ في المئة من موسم النمو في معظم السنوات (٥٠ في المئة من الوقت).

"موسم النمو Growing season" وهو عندما تكون درجة حرارة التربة، تقاس على عمق ٥٠ سنتيمترا (٢٠ بوصة)، أكبر من درجة الصفر الحيوي، ٥ ° م أو ٤١ °ف.

معايير قانون الأمن الغذائي الأمريكي (FSA) للأراضي الرطبة كما يلي:

"لفترة كافية Long enough " يعني غمر التربة لمدة سبعة أيام متتالية خلال موسم النمو في معظم السنوات (٥٠ في المئة من الوقت)، أو تشبع التربة ، عند أو بالقرب من سطح ، لمدة ١٤ يوما متتالية خلال موسم النمو في معظم السنوات.

كلا الوكالتين USACE وFSA استخدمتا التعاريف الآتية: "الأدنى near" ويعرف بدءا من سطح التربة، إلى ١٥ سنتيمتراً (٦ بوصان) تحت سطح التربة الرملية و ٣٠ سم (١٢ بوصة) لجميع أنواع الترب الأخرى، الظروف اللاهوائية واضحة من خلال سمات الأكسدة redoximorphic. هذه التغيرات المورفولوجية (الفيزيائية) في التربة الناجمة من ظروف الأكسدة والاختزال التي تحدث مع الترطيب والتجفيف (انظر الشكل ٥ , ٩).



شكل ٩,٥. المناطق القاتمة الحمراء في الأراضي الرملية دلالة على تركيز الحديد، المناطق الفاتحة ذات اللون الرمادي الخفيف دلالة على غسل الحديد إلى مناطق أعمق في قطاع التربة، والخطوط القاتمة في أعلى منتصف الصورة للكربون، يعتقد بأنه بقايا قنوات الجذور، سمات الأكسدة **Redoximorphic** واضحة بالألوان، في ظل اللون الرمادي، يجب أن تتخيل في ذلك.

(Photograph courtesy of USDA NRCS)

"الجزء العلوي من التربة upper part of soil" الطبقة العلوية ٥٠ سنتيمترا (٢٠ بوصة) من قطاع التربة، لماذا نحن مهتمون فيما تقولهUSACEأو وزارة الزراعة الأميركية (الوكالة الاتحادية المسؤولة عن FSA) عن الأراضي الرطبة؟ لقد رأينا بالفعل أن البلدان في أنحاء العالم تدرك قيمة الأراضي الرطبة وتحاول حمايتها، يشمل تصنيف الأراضي الرطبة حسب الخصائص التي يمكن ملاحظتها كجزء من هذا الجهد العالمي للأراضي الرطبة، هذه الخصائص تحتاج إلى تعريف بعناية بحيث يكون التصنيف موحداً ويمكن الدفاع عنه، شملت جهود الولايات المتحدة لوقف تدهور الأراضي الرطبة تمرير قانون الأمن الغذائي لعام ١٩٨٥، المعروف باسم "قانون Swampbuster،" الذي يتطلب عدم فقد للأراضي الرطبة [١٠]. جعل هذا القانون من الضروري وضع قواعد

لتنظيم كيفية رسم الأراضي الرطبة واستخدامها. أصبحت وكالة USACE هي وكالة اللوائح التنظيمية للأراضي الرطبة في الولايات المتحدة، ومع ذلك، أعطيت وكالة خدمات المحافظة على الموارد الطبيعية التابعة لوزارة الزراعة (NRCS) المسؤولية عن ترسيم الأراضي الرطبة في الأراضي الزراعية باستخدام المعايير الاسترشادية من وكالةFSA، وبالتالي، لدينا مجموعتان من المعايير، ولكن كليهما عادة ينتهيان إلى النتيجة نفسها.

دعونا العودة إلى مناقشتنا للترب المائية: إنها يمكن أن تكون معدنية، أو عضوية، وخصائصها تختلف في المقام الأول حسب مادة الأصل ومدة الترطيب. يطلق على تحديد خصائص الترب المائية بالمؤشرات [١١]. تستند هذه المؤشرات إلى حد كبير على لون التربة، لماذا اللون خيارا منطقيا؟ والسبب في ذلك بأن معظم الناس يمكن أن تفرق بين الألوان المختلفة، أصل لون التربة هو سبب آخر.

لون التربة يأتي من العمليات الكيميائية المختلفة التي تعمل على التربة ومادة الأصل، وتشمل هذه: (١) تجوية المواد الجيولوجية (مادة الاصل انظر الشكل ٩,٦)، (٢) كيمياء تفاعلات الأكسدة والاختزال على المعادن المختلفة من التربة، وخاصة الحديد و الماغنسيوم، و (٣) الكيمياء الحيوية تحلل المواد العضوية، خاصة الكربون.



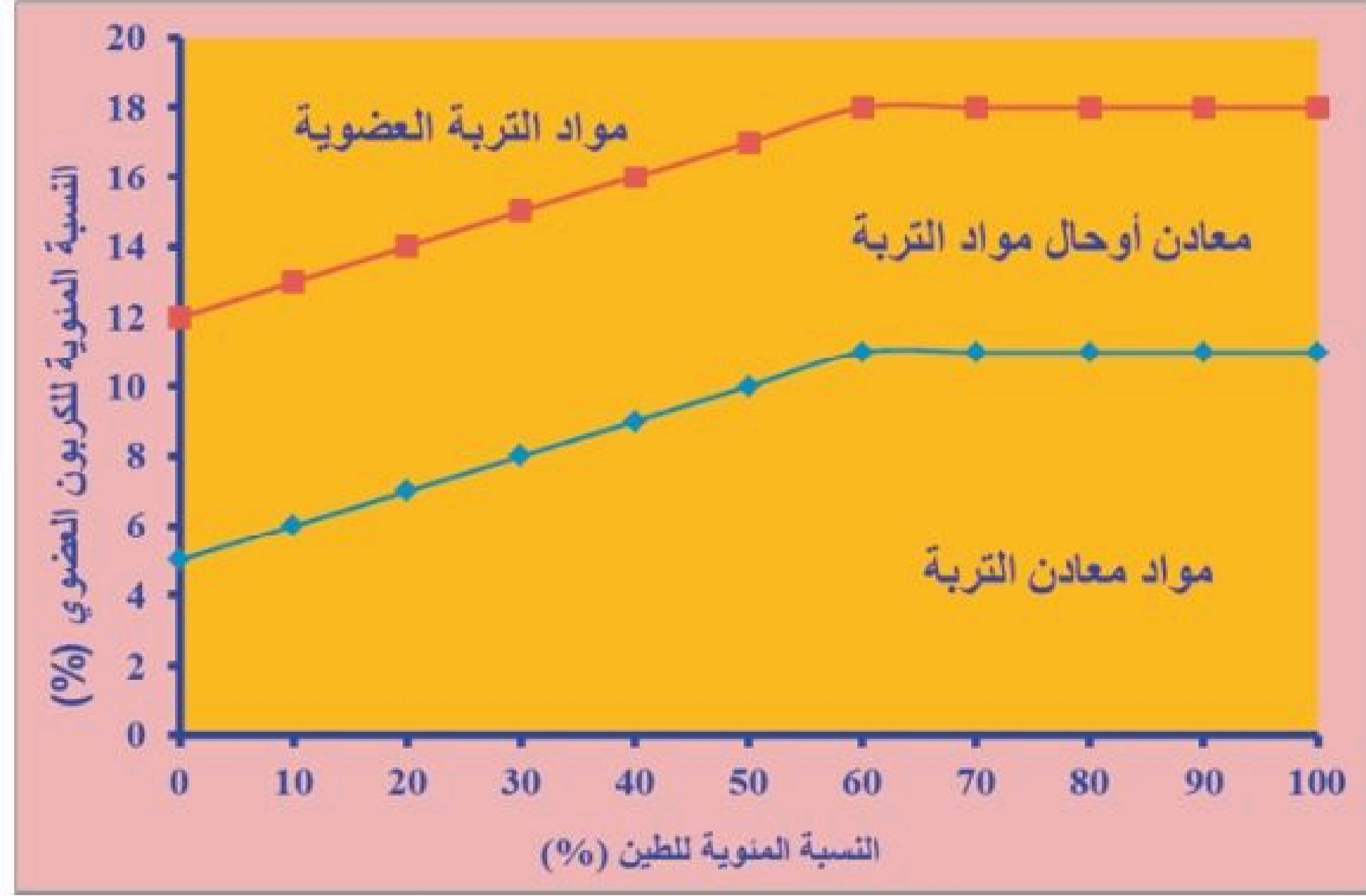
شكل ٩.٦ حتى عندما تكون الصورة باللونين الأسود والأبيض، فالظل القاتم والفاتح بالصورة لنهر يلوستون في منتزه يلوستون الوطني، وايومنج، الولايات المتحدة، تظهر الاختلافات الجيولوجية ومواد الأصل.

يعطي الحديد المكون الرئيسي للون الترب المائية، لماذا، مع وجود العناصر المختلفة الموجودة في معادن التربة ، لماذا تم اختيار الحديد؟ لشيء واحد، وهو أن الحديد موجود في كل مكان (وهو أمر شائع، ويوجد في العديد من معادن التربة في جميع أنحاء العالم). تغير لون الحديد يعتمد على حالة الأكسدة لها، يشكل عنصر الحديد بلورات صغيرة بلون أصفر أو أحمر، صورة أكسدة الحديد Fe^{+3} (أعلى حالة أكسدة، الحديديك) حيث لا ينتقل مع المياه، ولونه أحمر، وبرتقالي، وأصفر. يمكن التعرف على وجود الحديد المؤكسد من الصدأ. الصدأ هو تفاعل الأكسدة. صورة الحديد المختزل Fe^{+2} (أقل حالة الأكسدة، حديدوز) يتحرك بالماء ولونه رمادي. فقدان الحديد من عملية الغسيل تنتج الألوان المميزة الباقية على التربة بعد فقدانه من التربة، وتسمى هذه gley colors، وتختلف هذه الألوان من الأسود إلى الرمادي الأزرق أو الرمادي الاخضر. لا تتكون التربة اللاهوائية حتى يصبح الحديد في ظروف الاختزال، أي المشبعة بالماء، الوقت اللازم لإنتاج الألوان يعتمد على المعادن الموجودة، ويختلف ذلك حسب نوع التربة [١٢].

لذلك، يتم استخدام الحديد كمؤشر لدورات الترطيب والتجفيف التي تحدث في التربة الرطبة وذلك للأسباب الآتية:

- يوجد الحديد في كل مكان تقريبا وبالصور المعدنية المتعددة (وهو في كل مكان).
- يتغير لون الحديد مع اختلافات نسبة الأكسجين في التربة (هذا يعتمد على حالة الأكسدة).
- يصبح الحديد متحركا في الماء عند وجود الظروف اللاهوائية، ويسمح له بالغسيل من منطقة في قطاع التربة إلى المنطقة المنخفضة، مما يؤدي إلى تغيير لون التربة في كلا المنطقتين.

كما تستخدم كمية الكربون الموجودة من تحلل المواد العضوية لوصف التربة المائية بالأراضي الرطبة، وتصنف المواد العضوية وفقا لمدى تحلل المواد النباتية، فالقسم الأول يسمى المواد العضوية Sapric التي تحلل جميع المواد العضوية دون ألياف مرئية ولونها أسود، بينما الثاني ويسمى Hemic حيث تتحلل المواد العضوية بدرجة أقل، و تحتوي الألياف مرئية بنسبة١/ ٣-٢/ ٣ مرئية باستخدام عدسات يدوية في عينة مفككة، ولونها بني داكن أو رمادي محمر، والقسم الثالث يسمى Fibric حيث المواد العضوية أقل تحللا بنسبة > ٢/ ٣ من الألياف وألوانها تميل إلى الصفرة، والحمرة، أو البني الداكن. المواد العضوية يمكن أن تتراكم في التربة الرطبة لأنها بطيئة في التحلل في الظروف اللاهوائية، ويتم تحديد الفرق بين التربة المعدنية والتربة العضوية بنسبة وجود الكربون العضوي والطين، الشكل ٩,٧ يوضح هذه النقطة.



شكل ٩,٧. الترب العضوية غنية بالكربون. الزيادة في محتوى الطين يتطلب زيادة محتوى المادة العضوية لكي تعرف بأنها ترب عضوية. كل من الطين والمواد العضوية نشطين كيميائيا.

فعلى سبيل المثال، ٧٠٪ من الطين تحتاج أكبر من ١٨٪ من الكربون العضوي للسيادة الكيميائية، بينما ٢٠٪ من الطين تحتاج ١٤٪ من الكربون.

ملاحظة كيميائية مهمة وسريعة:

العنصر الآخر الذي غالبا ما يستخدم لوصف التربة المائية هو عنصر المنغنيز، يشكل المنغنيز الرواسب المعدنية السوداء غير المتحركة في الظروف الهوائية (أكسدة)، ولكن تصبح الرواسب واضحة ومتحركة في حالة الظروف اللاهوائية (اختزال). يمكن أيضا أن يشكل المنغنيز الحصيات، أو الحصيات الصلبة، وأحيانا يوجد مع الحديد، أشكال الحصيات دائرية إلى حد ما، وتختلف في الحجم، واضحة دون عدسة، ويمكن الشعور بها في عينة التربة الرطبة عند فركها بين الأصابع. في بعض الأحيان تشبه تلك الحصيات الرصاص الصغير الدائري، ووجودها في التربة الرطبة أدى إلى الاسم الشائع "رصاص" لتلك الترب، ويمكن خفض الحصيات الكبيرة إلى حصيات مشابهة جدا لتلك التي توجد في الحلوى القاسية.

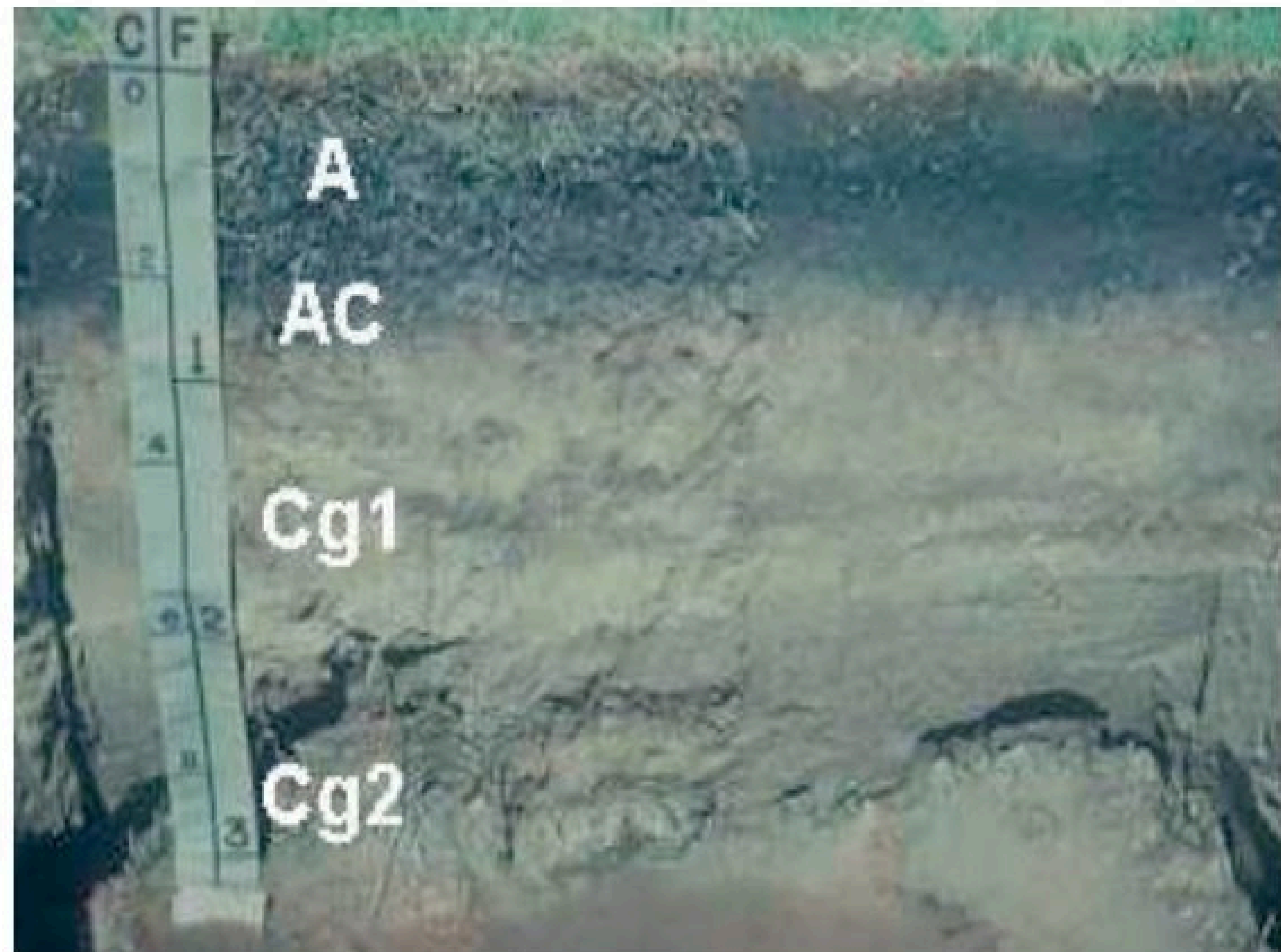
> يمكن أن يكون للعناصر حالات أكسدة مختلفة اعتمادا على الإلكترون في المحيط الخارجي للعنصر. الحالة المتعادلة للعنصر عندما يكون في حالة الأكسدة صفر، دون شحنات. وعندما يحتوي العنصر على شحنات يسمى أيوناً. قد تفقد الإلكترونات، التي تنتج زيادة في حالة الأكسدة، أو زيادة إيجابية. و فقد الإلكترون ويسمى اختصاراً **LEO** قد يكون مفيدًا كأداة مساعدة. ويمكن أيضا أن تضاف الإلكترونات لإنتاج حالة منخفضة من الأكسدة، وتسمى حالة الاختزال. هذه الحقائق يمكن أن تساعد على تحديد حالة الأكسدة في بعض الأحيان بالتفاعل.

يمكن تلخيص ألوان الترب المائية بالآتي:

- الأحمر من الحديد المؤكسد.
- الأبيض إلى الرمادي، أو الألوان الفاتحة الناتجة عن فقدان صور الحديد والمنجنيز المتحركة.
- الألوان الفاتحة من الحديد المختزل.
- الغامق إلى الأسود من المواد العضوية المتحللة.

تعدُّ التربة عنصرا أساسيا في تحديد كيفية عمل الأراضي الرطبة (انظر الشكل ٩,٨). توفر التربة المائية الوظائف الأساسية التي تقوم بها جميع أنواع الترب، فالترب هي الأساس المادي (الدعم الهيكلي) للأنظمة البيئية للأراضي الرطبة حيث توفر المكان لنباتات وحيوانات الأراضي الرطبة على العيش والنمو، الترب هي الخزانات الأساسية (المصارف) للمعادن والمواد المغذية التي يحتاجها النبات والكائنات الحية الأخرى، والتربة هي موطن الكائنات الحية الدقيقة، وتوفر البيئة التحولات الكيميائية مثل المعادن. يبدأ تدوير المغذيات عن طريق الكائنات الحية الدقيقة في التربة.

تقوم التربة بعزل وتصفية الملوثات، وترتبط بعض الملوثات بالرواسب ويتم الاحتفاظ بها عندما تترسب الرواسب، ولها وظيفة أخرى لا تقل أهمية للتربة وهي السيطرة على نقل المياه وتخزينها. تحدد الخصائص الفيزيائية للتربة ما إذا كان الماء في حوض التجميع، أو الأراضي الرطبة، وسيصبح جرياناً سطحياً، و تغذيه المياه الجوفية، أو تخزين المياه السطحية، ولذلك فإن خصائص التربة تتحكم في حركة المياه والهيدرولوجيا للأراضي الرطبة.



شكل ٩,٨. هذا القطاع من التربة يقع ضمن رتبة **Typic Endoaquoll** ، وهذا الاسم يعني **Mollisol** ، أو ترب الحشائش التي تحتوي على طبقة سطحية معدنية بعمق ٢٥سم (١٠ بوصة)، وغنية بالمواد العضوية ذات لون أسود. وتحت هذه الطبقة، طبقة فاتحة وداكنة اللون توضح زيادة تركيز واستنزاف العناصر. لاحظ أن عمق الماء يعد متراً واحداً (٣ قدم) على المسطرة. كلمة **endo** تعني التربة المشبعة. وهذا يعني أن المياه تتحرك إلى أعلى قطاع التربة إلى السطح في الموسم الرطب.

(Photograph courtesy of USDA NRCS)

الهيدرولوجيا Hydrology

لقد ذكرنا بأن الماء ضروري للأراضي الرطبة. تستخدم وكالة خدمات المحافظة على الموارد الطبيعية بوزارة الزراعة (USDA NRCS) معايير الترطيب لتطوير قوائم الترب المائية، من بيانات مسح التربة، بالنسبة لكل ولاية، ويمكن الاطلاع على هذه المعايير على موقع وزارة الزراعة الأميركية المختصة بالترب (USDA NRCS)[13]، تحت قسم الترب المائية. هذا الموقع يحتوي على معلومات حول الترب في كل ولاية، وبعض الميزات في جميع أنحاء العالم، بل هو مورد هائل لمن يحتاجون إلى المعلومات عن التربة، إذا كانت خلفيتك بستانياً، ومهندساً، أو مهندساً معمارياً، وصاحب منزل، أو مزارعاً، أو أي شخص آخر، فيمكنك أن تجد بيانات في الموقع عن التربة لاتخاذ قرارات مستنيرة.

ليس من الضروري أن تكون الأراضي الرطبة رطبة في كل وقت، فهي يمكن أن تكون رطبة لبعض مواسم السنة، وجافة أكثر أوقات السنة، أيضا، فإنها يمكن أن تحتوي على المياه بصفة دائمة أو شبه دائمة، يمكن للأراضي الرطبة أن تتراكم فيها المياه على شكل برك أو مياه الفيضانات، أو قد تكون التربة مشبعة عند أو بالقرب من السطح، يمكن أن تكون مصادر مياه الأراضي الرطبة من المياه الجوفية والتساقط، وذوبان الثلوج، والجريان السطحي، وتأثير المد والجزر، والفيضانات، أو مزيج من كل ذلك.

مصادر المياه لديها قدرة كبيرة على التأثير على تشكيل الأراضي الرطبة وخصائصها، وفقدان المياه من الأراضي الرطبة يحدث من البخر-نتح، أو التسرب داخل التربة.

الدلائل على وجود المياه (البلل)، وهي خصائص يمكن ملاحظتها خلال زيارة لموقع الأراضي الرطبة، تشمل هذه الملاحظات أو الدلائل ما يلي:

- يمكن استخدام الملاحظة العينية لتراكم المياه على السطح، أو التشبع بالقرب من سطح التربة.
- الانتقال إلى الموقع خلال موسم النمو للتأكد من رطوبته، ومع ذلك، فإن العاصفة المطرية الأخيرة لها تأثير على ما يمكن ملاحظته، لذلك يجب أخذ سقوط الأمطار في الاعتبار.

• خطوط الانجراف الموجودة التي تشكلت بترسيب أوراق الشجر وغيرها من الحطام من المياه المتحركة هي في خط مواز لتدفق المياه. خطوط الانجراف تشير عموما إلى حدود مساحة غمر المياه بالمنطقة، عادة ما يكون تدفق المياه الفعلي أبعد من حركة الحطام.

• قطع قنوات تدفق المياه الجارية هي أكثر وضوحا في الأراضي الرطبة النهرية بعد حدوث الفيضانات من أنواع الأراضي الرطبة الأخرى، وتتشكل هذه القنوات بشكل عمودي، أو مع التدفق. يمكن معرفة قنوات التدفق في أنماط الحطام وليس من الضروري ما يقتطع من التربة. يمكن تطوير هذه القنوات أيضا في المرتفعات، لذلك هناك حاجة إلى التقييم على أساس الموقع. إذا كنت على منحدر ويمكنك مشاهدة قنوات التدفق، فإنها ربما لا تدل على هيدرولوجيا الأراضي الرطبة، ومع ذلك، إذا كنت في منخفضات السهول الفيضية وتشاهد القنوات، فهي دليل على هيدرولوجيا الأراضي الرطبة.

• تلوين الرواسب دليل على وجود النباتات، أو الأوراق بعد انخفاض منسوب المياه، يمكن لهذه المعادن أو الطلاء العضوي أن تبقى على النباتات لفترات طويلة، كما تؤكد هذه الملاحظة على الحد الأدنى من الغمر بالمنطقة.

• علامات المياه العالية على الأشجار وهي خطوط داكنة توضح مستوى المياه في الأراضي الرطبة الذي يبقى فترة طويلة تظهر على جذوع الأشجار باللون الداكن. أعلى علامة على الأشجار تشير إلى مستوى المياه الذي وصلت اليه.

• المخلفات العضوية (المواد العضوية المجواه) مثل الطين المغطى بالأغصان والأوراق والحطام.

• تظهر الأشجار التكيف المورفولوجي للرطوبة.

هذه هي المؤشرات الأولية ويتم التحقق منها من قبل خصائص التربة (انظر الشكل ٩,٩). ونحن نتطلع كثيرا لخصائص التربة بسبب الصعوبة في بعض الأحيان لتحديد الهيدرولوجيا عينيا. سجلات ارتفاع سطح الماء بالنهر، والمدة، وتكرار الفيضانات، والخرائط الطبوغرافية، وسجلات مسح التربة، والسجلات المناخية كل ذلك يساعد في إنشاء تاريخ الهيدرولوجيا في منطقة ما.



شكل ٩,٩. يمكن أن تشهد الهيدرولوجيا في ولاية جنوب كارولينا، الولايات المتحدة، في الترب المنخفضة ذات الأشجار بالأراضي الرطبة بعدة طرق. على سبيل المثال، هناك مياه راكدة، والأشجار القوية وعلامات المياه على جذوعها. هل هناك دلائل أخرى؟

**Photograph by Karrie)
(Pennington**

الهيدرولوجيا أو علم المياه مهم جدا في تحديد قدرة الأراضي الرطبة على معالجة المدخلات مثل المواد الغذائية والملوثات، أو الرواسب، وحركة جميع هذه المدخلات تكون بطيئة بسبب زمن مكوث المياه في الأراضي الرطبة (التي تمت مناقشتها في الفصل الثالث). وهذا ما يسمى وقت الاحتفاظ بالملوث. هذا التأخير يمنع الملوثات من الوصول إلى المسطح المائي بكمية كبيرة (دفعة واحدة) التي يمكن أن تسبب مشاكل في جودة المياه –وهذه وظيفة مهمة جدا للأراضي الرطبة. كيميائياً يعد مصدر المياه أيضاً جزءاً مهماً من الهيدرولوجيا لأنه يمكن أن تحدث فرقاً كبيراً في مياه الأراضي الرطبة و كيمياء التربة، هذا مهم بشكل خاص عندما تكون المياه مالحة، حيث تؤثر الأملاح على أنواع النباتات والحيوانات البرية، ويمكن للمياه العالية في تركيزات الكربونات والبيكربونات أن تغيير الرقم الهيدروجيني pH لنظام الأراضي الرطبة، وتؤثر على النباتات والكائنات المائية.

افترض وجود أرضين من الأراضي الرطبة العضوية: كلاهما من بقايا النباتات، ولكن أحدهما مستنقع صغير fen تتجمع فيه المياه من المياه الجوفية، والآخر مستنقع كبير bog حيث تتجمع المياه من التساقط، دعونا ندرس لماذا يحدث هذا، أراضي بقايا النباتات رطبة بشكل دائم، وقد يكون سطح الأرض جافاً بصورة مؤقتة في الطقس الحار، وتتم تغذية المستنقعات الصغيرة من المياه الجوفية أو المياه السطحية بطيئة التحرك. المياه في المستنقعات الصغيرة بطيئة التحرك، كما أنها غنية بالمغذيات والمعادن. تساعد المستنقعات الصغيرة في تجانس أعداد نباتات العشب. المستنقعات الكبيرة التي تستلم مياهها من الأمطار مباشرة في معظمها هي مياه راكدة وفقيرة بالمواد الغذائية المياه الراكدة، وعادة حمضية، ومع ذلك، الحياة النباتية متنوعة وغير منتظمة. مصادر جودة المياه هي العامل الرئيسي الذي يسبب هذه الاختلافات [١٤].

الحياة النباتية Vegetation

يمكن للنباتات المائية أن تنبت وتنمو في الظروف المشبعة. دليل هيئة المهندسين بالجيش الأميركي (USACE) لعام ١٩٨٧ يستخدم من قبل الوكالات الفيدرالية لتحديد أو ترسيم الأراضي الرطبة [١٥]. يقدم هذا الدليل تعريفات للمصطلحات المتعلقة بالأراضي الرطبة، وتعرف الحياة النباتية للنباتات المائية حسب الدليل الرسمي لUSACE بالآتي:

"مجموع الحياة النباتية للنباتات المائية الموجودة في المناطق التي تتكرر فيها حالات غمر الماء وطول فترة الغمر ومدة تشبع التربة التي ينتج عنها ترب مشبعة دائمة، أو دورية لمدة تكفي لممارسة التأثير على أنواع النباتات الموجودة".

جدول ٩,١. تعريف حالة مؤشر الارض الرطبة.

الأراضي الرطبة الملزمة (OBL)	تحتوي على نباتات يجب أن توجد في الأراضي الرطبة (٩٩٪ من الوقت).
الأراضي الرطبة الاختيارية (FACW)	تحتوي على نباتات عادة ما توجد في الأراضي الرطبة (٦٧-٩٩٪ من الوقت).
الاختيارية (FAC)	وتشمل النباتات التي يمكن أن توجد في مناطق الأراضي الرطبة وغير الرطبة (٣٤-٦٦٪ في المناطق الرطبة أو غير الرطبة).
المنطق المرتفعة الاختيارية (FACU)	وتحتوي النباتات التي قد توجد بالأراضي الرطبة (١-٣٣٪ من الوقت)
الأراضي المرتفعة (UPL)	تحتوي على النباتات الت تعيش دائماً في الأراضي (٩٩٪ من الوقت)

تبقى التربة رطبة بما يكفي خلال موسم النمو، وبالتالي فإن النباتات التي تبقى على قيد الحياة هي أساسا تلك التي تتحمل أفضل الظروف الرطبة.

ربما أن القائمة الأكثر شمولية لنباتات الأراضي الرطبة في الولايات المتحدة تلك القائمة التي وضعت من قبل وكالة الخدمات الأمريكية للأسماك والأحياء البرية التي تقوم بالمحافظة عليها USACE [16]. ويرتبط موقعهم على الإنترنت بعدة مواقع أخرى لمصادر المعلومات النباتية بالأراضي الرطبة، ووزارة الزراعة الأمريكية USDA لديها قاعدة بيانات وطنية للنباتات [١٧] تساعد على البحث عن وضع مؤشر لنباتات الأراضي الرطبة عن طريق الولاية، والمنطقة، والاسم العلمي، أو الاسم الدارج. يمكن اختصار البحث في حال معرفة بعض الخصائص

النباتية، وفي حالة العثور على النبات المنشود ، تقدم المعلومات وصفا مفصلاً وبالصور، هذا الموقع يتضمن أيضا النباتات التي لا توجد في الأراضي الرطبة، وهذا الموقع مفيد جدا لغير المتخصصين في الأحياء ولكن لديهم قائمة من النباتات دون معرفة ماذا يعني الاسم العلمي أو المؤشر، ويوفر الموقع أيضا تفاصيل وصوراً مناسبة لتحديد هوية النباتات.

يعرف المصطلح حالة المؤشر Indicator status بأنه احتمالية وجود نبات في الأراضي الرطبة مقابل الأراضي غير الرطبة [١٨]. هناك خمس فئات أساسية لوجود النباتات في الأراضي الرطبة: النباتات الإلزامية في الأراضي الرطبة obligate wetland، والنباتات الاختيارية في الأراضي الرطبة facultative wetland، والنباتات الاختيارية facultative، بالمرتفعات facultative upland، والإلزامية بالمرتفعات obligate upland (الجدول١ , ٩). وهذا لا يشير إلى درجة الرطوبة في الأراضي الرطبة، ولكن يشير فقط إلى مدى احتمالية وجود النباتات في تلك البيئة، قد تتواجد بعض نباتات في الأراضي الرطبة بدرجة عالية من الاحتمال وبصورة دائمة، أو شبه دائمة في الأراضي الرطبة المعرضة للفيضانات، في حين أن البعض الآخر، يقتصر وجودها في بعض الأحيان على الأراضي الرطبة التي لديها فترات جفاف، على سبيل المثال، فنبات السرو يتحمل الفيضانات بشكل جيد للغاية، ولكن الأشجار الصغيرة بحاجة إلى فترة جفاف لإتاحة فرصة لها للنمو، مصطلح الاختيارية يشير إلى قدرة النبات على التكيف مع الظروف غير المثلى.



شكل ٩,١٠. المستنقع الصغير **fen** في ولاية نيويورك، الولايات المتحدة. لاحظ الانتهاك غير الناجح للأشجار الكبيرة من الغابة المجاورة إلى منطقة البرك في الجزء الأيسر العلوي من الصورة.

(**Photograph courtesy of USFS**)

دعونا نعود إلى المثالين السابقين عن مستنقعات fen و bog. كلاهما رطب جدا ويحتويان في الأساس على النباتات التي تتحمل المياه، فنظام مستنقع fen غني بالمغذيات، ومتعادل، أو يميل إلى القلوية قليلا وتنمو فيه الأعشاب المتجانسة، وبالأساس نباتات السعدياتsedges ، من ناحية أخرى، فالمستنقع الكبير bog هو فقير في المواد المغذية، وبالإضافة إلى ذلك، تربته حامضية ويحتوي على البيتموس peatmoss وبعض الشجيرات مثل شجيرات الغار laurel، الروزماري rosemary، والتوت البري cranberry. قد تبقى أشجار التنوب الأسود والتاماراك على قيد الحياة في المستنقع الكبير bog. نباتات أكلة اللحوم carnivorous والسنديو sundew تبقى على قيد الحياة بفضل أكلها للحشرات في وجباتها الغذائية، والنتيجة هي أن المستنقعات الصغيرة fens هي أقل تنوعا وتلونا من المستنقعات الكبيرة bogs. وتحتوي الفينات fens أيضا على نسب أعلى من الأوكسجين بسبب المياه المتدفقة في النظام الخاص بها، مما يسمح بزيادة تحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة. المواد المتحللة من الفينات (المستنقعات الصغيرة)أكثر دقة وأكثر تحللاً من المواد المتحللة الناتجة من المستنقعات الكبيرة bogs. كلا النظامين له ميزة على الآخر ولا يوجد تفضيل بينهما، وكل نظام له وظائف وقيم خاصة به، المهم، أن النباتات المختلفة تتكيف للظروف المختلفة لمجموعة متنوعة من الأسباب. في حالة الفينات والمستنقعات، فإن من يسيطران على الغطاء النباتي الموجود هما مصدر المياه، وجودة المياه (انظر الاشكال ١٠, ٩ و ١١, ٩).

أنواع الأراضي الرطبة Types wetland

هناك أسماء عديدة ومختلفة للأراضي الرطبة، فالبعض له دلالات إقليمية فيما تستخدم الأخرى بطرق متناقضة جدا في مختلف البلدان، وسيكون من الضروري توحيد المصطلحات لعلوم الأراضي الرطبة لتطويرها دوليا.



شكل ٩,١١ بحيرة كارلسلي الصغيرة Carlisle في ألاسكا، الولايت المتحدة.

(Photograph courtesy of USEPA)

اقترح [Gosslink Mitsch 19]. سبعة أنواع رئيسية من الأراضي الرطبة، أهوار المد والجزر المالحة، وأهوار المد والجزر العذبة، وأراضي أشجار المانجروف (الشورى) الرطبة، أراضي البتموس الشمالية، والأهوار الداخلية، والمستنقعات المياه العميقة الجنوبية، والأراضي الرطبة الشاطئية. هذه الفئات لا تغطي جميع أنواع الأراضي الرطبة وليس كل من درس الأراضي الرطبة قد اتفق على قائمة موحدة. ومع ذلك، هذه القائمة قد توفر البداية للاعتبارات الدولية في وضع مصطلحات موحدة.

فكر في الآتي

لقد قدمنا الكثير من المعلومات المادية المتعلقة بالأراضي الرطبة، والمستنقعات، والفينات –هذه الأراضي الرائعة، والغامضة من سمات العالم.ميزات المياه في تلك الأراضي موجودة لقرون، وطبيعتها الداكنة لم تغب عن الروائيين في جميع أنحاء العالم. سيكون خسارة فادحة للأدب إنجليزي إذا لم يكن لدينا روايات الأراضي الرطبة القاسية المظلمة للشاعرة إميلي برونتي Emily Bronte (أو كان من الرومانسية؟)، في قصيدتها Heathcliff في كتابها HeightsWuthering، أو السير آرثر كونان دويل Conan Doyle الأديب والطبيب البريطاني مبتدع شخصية شارلوك هولمز الخيالية في روايته The Hound of the Baskervilles

التالي كتبته (كاري بنينجتونKarrie Pennington) أذكر أني قرأت كتاب فتاة من [Limberlost20] للكاتبة جين ستراتون ـ بورتر Gene Stratton-Porter، وهو من المؤلفات المشهورات في بداية القرن العشرين، والتفكير في أن الحياة في مستنقع بإنديانا يجب أن يكون مثيراً ومخيفاً على حد سواء. لم أكن أعرف في ذلك الوقت أن المؤلفة تكتب عن الطبيعة لسنوات عديدة قبل ولادتي. تحب التوقف على المستنقع والتقاط الصور وتوثيق كل ما تراه. تستخدم الكاميرا الكبيرة ذات لوحات الزجاج الفوتوغرافية الضخمة، وليست الكاميرا الرقمية الخفيفة الموجودة حالياً.نحن نقوم بتصوير الغابة الشاسعة الجميلة، بينما هي تخوض في المياه العكرة، وخلال أشجار الكروم المتشابكة، وتتسلق الأشجار، بينما تحمل مسدساً لدرء خطر الثعابين. في القرن التاسع عشر، كانت المرأة التي ترتدي البنطلون والأحذية الرجالية فضيحة كبيرة. والحقيقة كانت تسافر في كثير من الأحيان لوحدها، إلى أماكن توصف بأنها يتصاعد منها الدخان، ومليئة بالمخاطر، هو إلهام أو جنون اعتمادا على وجهة نظرك. عرفت موخراً أن لها وصفاً لفراشة العثة التي تم جمعها من مستنقع إنديانا – مع حياة فتاة تفكر بالعلم – كانت مزيجا من السحر

بالنسبة لي. ولقد جفف مستنقع Limberlost حوالي عام ١٩١٣، لإنتاج الأخشاب والغاز والنفط، وأخيرا الأراضي الزراعية. وكان رد ستراتونبورتر فاضحا في ذلك الوقت.

ولقد حذرت في كتابها [٢١]"إذا كان الرجال لا يأخذون تدابير المحافظة على الموقع بسرعة"، "فسوف أجبر على دخول المعترك السياسي للترافع من أجل المحافظة على الغابات والزهور البرية والطيور / كل شيء وفوق كل شيء، فالمياه الثمينة هي التي تسبب راحتنا، والخصوبة، والحياة نفسها تعتمد عليها. "لم يفعل الرجال أي شيء، وفقد المستنقع تماما.

من وحي قصص ستراتون بورتر لفترة طويلة أنه بعد وفاتها، تمت استعادة أجزاء من مستنقع Limberlost، و العمل مستمر في استعادة المزيد. سكوت ساندرزScott Sanders، الكاتب لمجلة أودوبون [٢٢]، قال "صورها وكلماتها جذبتني إلى مستنقعات لوبللي الطينية Loblolly . مشروع إستعادة ٤٢٨ أيكر في مقاطعة جاي، انديانا، لمعرفة البقايا الرائعة، الواسعة، و الأراضي الرطبة التي اختفت التي عرفها الملايين من القراء حول العالم. والتي قدمته ستراتون بورتر في كتابها مستنقع Limberlost "الأمر كذلك، فما هو في الاسم؟ أحيانا يعكس الاسم روح المكان.

تصنيف الأراضي الرطبة Wetland Classification

كلما قرأت عن تصنيفات الأراضي الرطبة، تلاحظ أنه بغض النظر عن المصطلحات المستخدمة، فإن بعض المصطلحات تتكرر مثل موقع المناظر الطبيعية، والهيدرولوجيا كمصدر للمياه، والعمق، والمدة، والطاقة، مجموعة النباتات المائية، والترب المعدنية، أو العضوية، وتراكم المواد العضوية (انظر الجدول ٩,٢). هذه كلها صفات تستخدم لوضع الأراضي الرطبة في مجموعات. يمكن تحديد نوع الأراضي الرطبة وينبغي القيام بعدة طرق، وذلك باستخدام الغطاء النباتي، ومصدر المياه، أو أي خاصية أخرى أو مجموعة من الخصائص. إحدى الطرق التي طورت من قبل علماء محطة تجربة الممرات الميائية تعرف بـ USACE، التي تسمى التصنيف الهيدروجيمورفيك Hydrogeomorphic Classification (HGM) [23]ويستخدم الهيدرولوجيا والجيومورفولوجيا من حيث صلتها بوظيفة الأراضي الرطبة، لذلك كيف نحدد وظيفة الأراضي الرطبة؟

جدول ٩,٢. مصطلحات عادة ما تستخدم لوصف الأراضي الرطبة.

المصطلح	التعريف
المستنقع الصغير Bog	تراكم البيتموس وعدم دخول الماء أو خروجه يدعم حموضة البتموس وخاصة الطحالب منها
الأراضي المنخفضة Bottomland	عادة ما تغمر الأراضي المنخفضة على طول الأنهار، أو الجداول المائية بطمى السهول الفيضية. عادة المناطق المنخفضة والحرجية في جنوب غربي الولايات المتحدة.
المنخفضة Depressional	وهي مناطق احفض من المناطق المحيطة ومغلقة من ثلاثة اتجاهات، واحتمال تعدد مصادر المياه
مصبات الأنهار الناشئة Estuarine emergen	أهوار المياه المالحة
المستنقع fen	تراكم البتيموس في الأراضي الرطبة ودخول المياه من بعض مناطق الترب المعدنية المحيطة وبها نباتات التي تعيش في الهوار
المعدنية المستوية Flats, mineral	ناتجة من سقوط الأمطار في مناطق الترب المعدنية المستوية
العضوية المستوية Flats, organic	ناتجة من سقوط الأمطار في مناطق الترب العضوية المستوية
البحيرات الهامشية Lacustrine fringe	تشكلت بالأراضي الرطبة على حواف البحيرات، قد يكون بها غطاء نباتي ناشئ أو أشجار
الأهوار Marsh	دائما مغمورة بالمياه، ووجود نباتات ناشئة، وفي المصطلح الأوربي فالأهوار لا تراكم البتيموس.
الوحلة Mire	المصطلح الأوربي لأي أرض رطبة تتراكم بها البتيموس
البور Moor[a]	أراضي البتيموس الأوربية، إذا كانت ضمن الأراضي المرتفعة تسمى مستنقعاً مرتفعاً أما إذا كانت ضمن الأراضي المنخفضة.
أراضي البتيموسMuskeg	أراضي البتيموس أو المستنقعات ويستخدم هذا المصطلح في كندا وألاسكا
أراضي البتيموسPeatland	مصطلح يستخدم لتحلل بقايا النباتات في الأراضي الرطبة
الحفر playa أ	مصطلح جنوب غرب الولايات المتحدة يعبر عن الحفر
الحفر potholes أ	شبيه بالأهوار الضحلة في ولاية داكوتا ونبراسكا و كندا.
مستنقع ريدReedswamp	مصطلح أوربا الشرقية للأراضي الرطبة ويسود فيها Phragmites
النهرية Riverine	توجد في السهول الفيضية أوالممرات النهرية، وذلك بالتعاون مع تيارات أوالأنهار، الغطاء النباتي يختلف كثيراً، عادة مغمورة
الأراضي المائلة slope	توجد في التلال أو منحدرات الوادي ذات الميول الخفيفة إلى الشديدة، ومصدر المياه الأساسي المياه الجوفية والأمطار
المستنقع Slough أ	مستنقع أو بحيرة ضحلة في شمال ووسط غرب الولايات المتحدة، أو مستنقعات تدفق بطيئة في الولايات المتحدة أو أهوار جنوب شرق الولايات المتحدة.
المستنقع Swamp أ	الأراضي الرطبة الأمريكية والسائد بها الأشجار والشجيرات.
المد والجزر الهامشي Tidal fringe	توجد على الحواف القارية، تتأثر الهيدرولوجيا بالمد والجزر، المياه مالحة إلى مالحة جداً.
البرك الربيعية Vernal pool	مروج رطبة ضحلة تغمر بصورة متقطعة، جافة أغلب أوقات الخريف والصيف.
المروج الرطبة Wet meadow	مراعٍ مع ترب مشبعة قرب السطح ولكن دون تكوين البرك طوال السنة.
السهول الرطبة	شبيه بالأهوار ومستويات المياه بين الأهوار والمروج الرطبة.

(أ) لاحظ تعدد المصطلحات وتشابهها واستخدام مصطلحات لتعريفات أخرى.

Source: Modified from Mitsch and Gosselink (1993).

وظائف وقيمة الأراضي الرطبة Wetland Function and Values

للأراضي الرطبة مجموعة متنوعة من الوظائف بسبب وجود تنوع في الأراضي الرطبة من حيث اختلاف المواقع داخل أحواض التجميع، ويمكن تقسيم وظائف الأراضي الرطبة إلى حيوي، ومأوى، والبيوجيوكيميائي، وفيزيائي، وهيدرولوجي، والقيم الترفيهية. الوظائف، هي أشياء تقوم بها الأراضي الرطبة، القيم هي مفاهيم بشرية، وهي الأشياء التي تحبها الناس أو تقيمها، وفيما يلي قائمة جزئية من أمثلة الوظائف الحيوية- المأوى:

- توفير مجموعة متنوعة من المآوي وبناء المأوى للحياة البرية، والتربية، والتعشيش، والبحث عن الطعام.
- الحفاظ على سمة المجتمع النباتية لنوع الأراضي الرطبة.
- أن تكون بمثابة حضانات ومناطق تغذية الأسماك الصغيرة .
- توفير المواد الغذائية التي تشكل أساس الشبكات الغذائية.

أمثلة الوظائف البيوجيوكيميائية:

- معالجة المواد العضوية والغذائية من خلال تدوير المغذيات والامتصاص البيولوجية.
- المساعدة في المحافظة على جودة المياه من خلال تصفية الرواسب والملوثات.
- أن تكون بمثابة مناطق عازلة والانتقال الطبيعي، للجداول المائية والبحيرات والأنهار.

أمثلة الوظائف الفيزيائية والهيدرولوجية:

- تخفيف مياه الفيضانات وإبطاء معدل تدفق المياه الجارية في الجداول والأنهار.
- تغذية المياه الجوفية من خلال توفير مكان حيث يكون للماء وقت كافي ليتسرب من التربة إلى طبقة المياه الجوفية
- حماية السواحل والمناطق الأخرى من التعرية المفرطة.

أمثلة للقيمة الترفيهية:

- توفير المساحات المفتوحة والقيم الجمالية.
- توفير مناطق خاصة للترفيه، ومشاهدة الطيور، والصيد، وصيد الأسماك، والتصوير الفوتوغرافي، والمشي، إلخ.
- تكون بمثابة مناطق تعليمية وبحثية لدراسة الحياة البرية المتنوعة على نطاق واسع، و دراسة النباتات، والحيوانات.

مدى نجاح الأراضي الرطبة في تأدية مهامها المتوقعة هو مؤشر على صحة الأراضي الرطبة، وهذا يعيدنا إلى التصنيف الهيدروجيومورفولوجي Hydrogeomorphic (HGM) والتقييم الوظيفي. يمكن أن يكون HGM أداة فعالة لتحديد جودة الأراضي الرطبة وإمكانية تحسين وظيفة الأراضي الرطبة، وقد يشمل إنقاذ الأراضي الرطبة حماية جودة الأراضي الرطبة، ولكن غالبا ما ينطوي على استعادة المواقع المتدهورة. (فكر في مستنقع Limberlost في ولاية انديانا الذي نوقش سابقا).

استخدام HGM هو ممارسة ميدانية؛ حيث يمكن جمع البيانات من مكتب باستخدام الكتب، وقواعد البيانات، وبرامج الحاسب لنظام المعلومات الجغرافية الكمبيوتر (GIS)، والصور الجوية، وأي أداة متاحة، ولكن يتطلب التقييم الفعلي زيارة ميدانية. العمل الميداني بالأراضي الرطبة عادة ما ينطوي على استخدام الأحذية المطاطية، والمواد الطاردة للبعوض، والخنافس الحمراء، والقراد، وما إلى ذلك، والوقاية من الشمس، والحماية من المطر، ومجموعة متنوعة من الأدوات من كتب لون التربة والمعاول إلى المناظير، والشبكات، وأشرطة القياس، وأدلة النباتات الميدانية، والبرمائيات، والطيور وغيرها، وعدسات اليد، ووجود مجموعة من الخرائط والصور الجوية، واخيرا مياه الشرب الضرورية. وتبقى أفضل الأدوات هي العين المراقبة من مستوى المناظر الطبيعية إلى استخدام العدسة اليدوية لجهة القدرة على تدوين الملاحظات الميدانية الدقيقة، ومعرفة ما يشاهد، وربما تقدير العمل.



شكل ٩,١٢. هذه المنطقة المنخفضة الشجرية من الأراضي الرطبة يمكن أن تكون موقعاً مرجعياً، أشجار السرو القديمة **Taxodium distichum** في منطقة إدارة الحياة البرية لبحيرة سكاي **Sky lake** بمنطقة الأراضي الرطبة بالمسسيبي. أقدم شجرة في المنطقة يصل عمرها ٢٠٠٠ سنة. فكر بذلك، الرجل الطويل في الصورة طوله ٦,٥ قدم (٢٠١ سم). لاحظ مؤشر الهيدرولوجي: ارتفاع مستوى الماء (الخط الداكن) فوق رأسه ٢,٧–٣,٠ م (٩–١٠ قدم). مما يعني أن المياه في تلك الأراضي الرطبة قد تصل إلى عمق ٩–١٠ اقدام في بعض الأوقات.

(Photograph courtesy of Yazoo Mississippi Delta Joint Water Management District)

عند الوصول إلى الأراضي الرطبة، فإن الخطوة الأولى هي تقييم الأرض الرطبة المرجعية في المنطقة نفسها الجغرافية، ومن النوع نفسه، حيث تكون شبيهة بالأراضي الرطبة التي سوف تقيَّم. ينبغي أن تكون الأرض الرطبة المرجعية متطورة، أي عمرها طويل ويفضل البكر منها. يظهر الشكل ١٢ , ٩ منظراً نادراً، لقاع أراض رطبة قديمة جدا، والسبب الرئيسي في بقائها على موقعها الرطب جداً.

يجب أن تعمل الأرض الرطبة المرجعية في أقصى إمكاناتها لأنه سيتم تقييم الأراضي الرطبة الأخرى مقارنة بالمرجعية. في بعض الأحيان لا يمكن الحصول على أرض رطبة مرجعية بكر بسبب تطوير الإنسان لتلك المناطق أو نتيجة حصول الكوارث الطبيعية. عموماً، يقوم فريق من الخبراء المحليين باختيار الارض الرطبة المرجعية في المنطقة، فإن هذا يساعد على ضمان تناسق التقييم وأفضل المواقع المحتملة. يتم تقييم الموقع المرجعي وتسجل بيانات التربة، والغطاء النباتي، والهيدرولوجيا وهي المكونات الثلاثة للأراضي الرطبة. يتم تقييم الأراضي الرطبة التي سيتم تقييمها باستخدام نفس العناصر نفسها، وتسجل، استناداً إلى مدى نجاحها في أن تكون شبيهة بالمرجع، والنتيجة هي مؤشر على جودة الأراضي الرطبة. تقييم نقاط الضعف و القوة، التي يمكن استخدامها في استعادة الأراضي الرطبة، الهدف منه هو استعادة الأراضي الرطبة المقيمة للظروف المماثلة من الأرض الرطبة المرجعية بقدر الامكان. ساعد برنامج المحافظة على الأراضي الرطبة USDA NRCS بولاية أيوا في استعادة براري الأراضي الرطبة (depressional) في مقاطعة دي موين (الشكل ١٣ , ٩). ساعد التقييم الوظيفي في تحديد الأهداف والخطط المرسومة لهذه الاستعادة.



شكل ٩,١٣. استعادة سهول الأراضي الرطبة بولاية أيوا.

Photograph by Karrie (Pennington)

فكر في الآتي
كيف يمكن اختيار موقع الارض الرطبة المحلية المرجعية أن يساعد على ضمان استعادة الأراضي الرطبةوسوف تعمل بشكل صحيح ؟

يستخدم HGM سبعة أنوع من الأراضي الرطبة : النهرية، المنحدرة، المنخفضة، التربة المعدنية المستوية، التربة العضوية المستوية، هامشية المد والجزر، هامشية البحيرات. الأراضي الرطبة النهرية هي أراضٍ رطبة انتقالية إلى النهر. الأراضي الرطبة المنحدرة تصبح تلالاً وأراضٍ رطبة منخفضة، والأراضي الرطبة الداخلية المستوية يمكن أن توجد في أي منطقة منخفضة. الأراضي الرطبة الهامشية الناتجة من المد والجزر والبحيرات هي أراضٍ انتقالية إلى المحيط، أو البحيرة، على التوالي، وتستخدم هذه الشروط على نطاق واسع في الولايات المتحدة.

التوجهات في الأراضي الرطبة Trends in Wetland

غالبا ما تعتبر الأراضي الرطبة بأنها "مناطق مشاكل" قليلة القيمة باستثناء الانتظار لتطويرها بعد التجفيف. لدى الباحثين في أمريكا وكندا قواعد من البيانات المخزونة عن الأراضي الرطبة، ولكن تبين البيانات بأن أكثر من نصف الأراضي الرطبة فقدت مابين ١٧٨٠ إلى ١٩٨٠م. ليس هناك قاعدة بيانات مخزنة في جميع أنحاء العالم للأراضي الرطبة للمقارنة، ولكن في أي بلد متطور ربما ضحوا بعدد من الهكتارت من الأراضي الرطبة في سبيل التنمية، وهذه ضريبة التطور البشري، لحسن الحظ، يمكن أن تقرر البشرية أيضا تغيير هذا التوجه، فلقد أصبحت وظائف الأراضي الرطبة أكثر فهما وتقديراً. في الولايات المتحدة، على سبيل المثال، لا يوجد خسارة في سياسة الأراضي الرطبة، وتتم الآن استعادة الأراضي الرطبة، أو تعزيزها في العديد من المناطق. هذه السياسات لا تخلو من الصعوبات، ولكن فقدان الأراضي الرطبة قد انخفض في الولايات المتحدة.

خدمات الحياة البرية والأسماك الأمريكية USFWS تتحمل المسؤولية لجرد وتقديم تقرير عن حالة الأراضي الرطبة في الولايات المتحدة، ملخص التقرير الذي أعد للفترة من ١٩٨٦-١٩٩٧ [٢٤]. يتضمن ما يلي:

• هناك ما يقدر بـ ٤٢,٧ مليون هكتار (١٠٥,٥ مليون أيكر) من الأراضي الرطبة في منخفضات ٤٨ ولاية. من هذا المجموع، ٤٠,٧ مليون هكتار (١٠٠,٥ مليون ايكر)، أو ٩٥ في المئة أراضٍ رطبة من المياه العذبة، و مليونا هكتار (٥ ملايين أيكر)، أو ٥ في المئة منها أراضٍ رطبة بالمياه المالحة.

• فقدان الأراضي الرطبة السنوي المقدر هو ٢٣٧٠٠ هكتار (٥٨٥٠٠ايكر). وهذا فقد يقدر بـ ٨٠ في المئة في الأراضي الرطبة في السنة من الفترة المشمولة بالتقرير السابق.

• شهدت الأراضي الرطبة ذات الغابات أكبر انخفاض لجميع أنواع الأراضي الرطبة، مع فقدان ٤٨٦ ألف هكتار (١,٢ مليون أيكر)، أو تغيير بنسبة ٢,٤ في المئة، هناك أقل من ٢٠ مليون هكتار (٥٠ مليون أيكر) من الأراضي الرطبة التي تغطيها الغابات ضمن حدود الولايات المتحدة.

• تقلصت مساحة الأراضي الرطبة الناشئة من المياه العذبة بأكثر من ٤٠٠ ألف هكتار (مليون أيكر)، وهو تغيير بنسبة ٤,٦ في المئة.

• واصلت الأراضي الرطبة ذات الغطاء النباتي والناشئة من المياه العذبة غطاء النباتي في الانخفاض، في حين واصلت برك المياه العذبة في الزيادة بنسبة ١٣ في المئة في العقد الماضي. تشير التوجهات إلى أن مساحة البرك الآن توازي جميع الأراضي الرطبة من مصبات الأنهار.

• انخفاض الأراضي الرطبة الناشئة من مصبات الأنهار قليلاً من ٥٨٥٠ هكتاراً (١٤٤٥٠أيكراً). فقدت معظم هذه الأراضي الرطبة للأغراض الحضرية وغيرها من أنواع التنمية في المناطق الساحلية.

• نسبت خسائر الأراضي الرطبة في الولايات المتحدة ما يلي:

• ٣٠ في المئة لتنمية المناطق الحضرية.

• ٢٦ في المئة للزراعة.

• ٢٣ في المئة في زراعة الغابات (إدارة الأخشاب).

• ٢١ في المئة التنمية الريفية.

من المهم جدا أن نعرف أنواع الأراضي الرطبة التي فقدت، لأن كل نوع من الأراضي الرطبة له وظائف فريدة من نوعها يقوم بها. في حالة فقدان الأراضي الرطبة ذات الغابات وحلت محلها الأراضي الرطبة ذات البرك، فإن مآوي النباتات والحيوانات ستكون مختلفة، ولذلك، فإن النباتات والحيوانات ستكون أيضاً مختلفة، عند النظر في المهام والقيم المتضمنة في استعادة الأراضي الرطبة، فمن المنطقي إحلال أيكر من الأراضي الرطبة الغبية محل أيكر من الأراضي نفسها، وايكر من الأراضي الناشئة محل أيكر منه، وهكذا، حقيقة أن الأراضي الرطبة ذات البرك في تزايد بينما الأراضي الرطبة ذات الغابات وذات المياه العذبة الناشئة تستمر في الانخفاض، فهذا يعني أن هناك حاجة للتوازن في وظائف الأراضي الرطبة للمحافظة على صحة النظام البيئي.

جدول ٩,٣. العوامل المودية إلى فقد الأراضي الرطبة.

عوامل بشرية	عوامل طبيعية
الصرف	الجريان السطحي أ
التجريف وإقامة القنوات المائية	التعرية أ
ترسيب المواد	الهبوط أ
السدود والحواجز	ارتفاع مستوى مياه البحر.
الحراثة لانتاج الغذاء	الجفاف
الحواجز	الأعاصير والعواصف الأخرى
قطع الأشجار	
التعدين	
إنشاءات	
ملوثات الهواء والماء	
المواد الغذائية الزائدة	
إطلاق المواد الكيمائية السامة	
إدخال الأنواع غير المحلية	
الرعي بالحيوانات المحلية	

أ يمكن أن تتفاقم بالأنشطة البشرية

على مستوى العالم، يصعب تحديد خسائر الأراضي الرطبة جزئيا بسبب عدم وجود مصطلحات وأساليب التقييم المتفق عليها، التقنيات الجديدة، مثل نظم المعلومات الجغرافية GIS وصور الأقمار الصناعية، هي أدوات جيدة وتستخدم على نطاق واسع، للأسف، فقدان الأراضي الرطبة وتدهورها يُعزى إلى العديد من العوامل، بما في ذلك تلك الواردة في الجدول ٩,٣.

أي من هذه الإجراءات التي بالجدول موجودة في جميع أنحاء العالم؟ زيادة السكان وتناقص الموارد الطبيعية غالبا ما يؤديان إلى تغيرات هائلة في النظام البيئي، أحيانا على مستوى العالم، المتعمد أحيانا، وأحيانا إلى عواقب غير مقصودة. حقيقة أن معاهدة رامسار Ramsar(انظر المقدمة) هي المعاهدة العالمية الوحيدة التي تغطي الأراضي الرطبة ضمن النظم البيئية، وهو أمر مشجع.

فكر في الآتي

كيف يمكن للمجتمع الحفاظ على سلامة النظام البيئي الذي يمكن أن يستفيد منه جميع السكان ويلبي احتياجاتهم الفورية في الغذاء، والملبس، والوقود؟ كيف توازن على المدى الطويل بين الجيد والحاجة الفورية؟

ملخص الفصل

- توجد الأراضي الرطبة بأنواع كثيرة من المستنقعات إلى بلاياس البراري وتحدث في كل القارات باستثناء القارة القطبية الجنوبية، وتم تحديدها عالمياً على أنها أجزاء أساسية من المناظر الطبيعية مع وظائفها التي يجب الحفاظ عليها.
- للأراضي الرطبة ثلاث سمات مميزة: التربة المائية، الغطاء النباتي المائي، والهيدرولوجيا.
- للتربة المائية ميزة الأكسدة والاختزال redoximorphic الناجمة عن دورات الترطيب والتجفيف بالأراضي الرطبة
- يستخدم الحديد، والكربون العضوي، والمنغنيز كمؤشر لدورات الترطيب والتجفيف التي تحدث في ترب الأراضي الرطبة؛ لأنها تغير الألوان، أو في حالة المواد العضوية، يتراكم في الظروف الرطبة.
- نباتات الأراضي الرطبة (النباتات المائية) وهي النباتات المحبة للماء ولكن تختلف في احتيجاتها المائية، العديد منها يتطلب فترات جفاف لتزدهر وتتكاثر، مؤشر حالة النبات هو احتمال وجودها في أرض رطبة.
- ليس من الضروري أن تكون الأراضي الرطبة رطبة في كل الوقت - فإنها يمكن أن تكون رطبة موسمياً، ثم تجف معظم أيام السنة ولكنها يمكن أن تحتوي أيضا على الماء بصفة دائمة أو شبه دائمة.
- لايوجد نظام واحد لتصنيف الأراضي الرطبة على مستوى العالم و على الرغم من ذلك فإن الأغلب يستخدم مزيجاً من الميزات التالية: موقع المناظر الطبيعية، والهيدرولوجيا كعمق مصادر المياه، والمدة، والطاقة، والمجتمعات للنباتية المائية، والترب المعدنية أو العضوية، وتراكم المواد العضوية، وكلها صفات تستخدم لوضع الأراضي الرطبة في مجموعات.
- يضع تصنيف الهيدروجيومفولوجيا Hydrogeomorphic الأراضي الرطبة في واحدة من سبع مجموعات بحسب المكان المناظر الطبيعية، وهي النهرية، والميل، والانخفاض، والترب المعدنية المستوية، والترب العضوية المستوية، وترب المد والجزر الهامشية، و البحيرات الهامشية.
- مدى نجاح الأراضي الرطبة في أداء وظائفها المتوقعة هو مؤشر على جودة الأراضي الرطبة. وظائف الأراضي الرطبة ما يلي:

- إنها توفر التعشيش، والتربية، والمآوي والغذاء لمجموعة متنوعة من الأنواع من السمندل إلى مالك الحزين إلى الثدييات الكبيرة، فهي مكان للتحضين ومناطق تغذية الأسماك الصغيرة، كما أنها توفر المواد الغذائية التي تشكل أساس شبكات الغذاء.
- التحلل البيوجيوكيميائي للمواد العضوية والمعدنية أساس تدوير المغذيات، وهذه العمليات تساعد أيضا في الحفاظ على جودة المياه.
- الوظائف الهيدرولوجية تشمل حركة وتخزين المياه.
- الأراضي الرطبة أيضاً لها قيمة ترفيهية.

أسئلة للتحليل

١. ما الفرق بين وظيفة الأراضي الرطبة وقيمة الأراضي الرطبة؟

أ. للأراضي الرطبة مجموعة متنوعة من الوظائف (الأشياء التي تفعل)، لأن هناك مجموعة متنوعة من أنواع الأراضي الرطبة في مواقع مختلفة داخل أحواض تجميع المياه العديدة والمختلفة، ويمكن تقسيم وظائف الأراضي الرطبة إلى البيولوجية، والمآوي، والبيولوجية الكيميائية، والفيزيائية، والهيدرولوجية، والقيم الترفيهية.

ب. الوظائف هي الأشياء التي تقوم بها الأراضي الرطبة، والقيم هي مفاهيم من صنع الإنسان، وهي الأشياء التي يقدرها ويقيمها الإنسان (ص ٣٣٢).

٢. ما هي خصائص التربة المستخدمة لتحديد الأراضي الرطبة؟

أ. يطلق على ترب الأراضي الرطبة بالترب المائية، وتعرف على أنها التربة التي تكونت في ظل ظروف التشبع، والفيضانات، أو تراكم المياه فترة كافية خلال موسم النمو لتطوير الظروف اللاهوائية في الجزء العلوي من التربة يمكن أن تكون التربة المائية معدنية، أو عضوية، وخصائصها تختلف في المقام الأول مع مادة الاصل ومدة البلل، ويطلق على تحديد خصائص التربة المائية بالمؤشرات، هذه المؤشرات هي سمات الظروف اللاهوائية للأكسدة، والاختزال redoximorphic الذي يعتمد بشكل كبير على المعادن ومحتوى الكربون في التربة (ص ٣٣٢-٣٣٥).

٣. إذا كانت الأراضي الرطبة ليست دائما رطبة، كيف نعرف بأنها أراضٍ رطبة؟

أ. يتم تحديد الأراضي الرطبة من التربة المائية، والنباتات المائيةhydrophytic، ومؤشرات الهيدرولوجيا (خطوط الانجراف، وخطوط الأشجار، الرواسب على الأوراق، وما إلى ذلك)، وليس المياه المشاهدة فقط (ص ٣٢٢-٣٢٥).

٤. استعادة الأراضي الرطبة الأكثر نجاحاً إذا تمت استعادة الأراضي الرطبة إلى نوعها الأصلي، هل توافق أو لا توافق؟ اشرح أفكارك.

أ. سوف تختلف الإجابات ولكن ينبغي أن تشمل على أهمية المناظر الطبيعية بالمنطقة، وتحقيق والمحافظة على وظائفها الأصلية. استعادة الأراضي الرطبة إلى نوع مختلف ليست استعادة صحيحة للأراضي الرطبة، والبعض يسمي هذه الاستعادة للأراضي الرطبة بالتعزيز من خلال إضافة ميزات جديدة إلى الأراضي الرطبة، هذا غير موضوعي أبداً.

لمزيد من القراءة

Hurt, G.W. and L.M. Vasilas (eds.), 2006, Field Indicators of Hydric Soils inthe United States, US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, http://soils.usda.gov/soil_use/hydric/field_ind.pdf

Mitsch, William J. and James G. Gosselink, 1993, Wetlands, 2nd edn, New York: Van Nostrand Reinhold. QUESTIONS FOR ANALYSIS 279

Pielou, E. C., 1998, Fresh Water, Chicago, Ill.: University of Chicago Press. Richardson, J. L. and M. J. Vespraskas, 2001, Wetland Soils Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification, Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers.

Stratton-Porter, Gene, 1909, A Girl of the Limberlost, New York: Grosset and Dunlap.

References

[1] Gene Stratton-Porter, 1909, A Girl of the Limberlost, New York: Grosset and Dunlap

[2] Jonathan V. Hall, W. E. Frayer, and Bill O. Wilen, 1994, Status of Alaska Wetlands, Anchorage, Alas.: US Fish and Wildlife Service Alaska Region, http://wetlandsfws.er.usgs.gov/status_trends/St_and_Reg_Reports/Alaska_Status.pdf, August 2007

[3] E. C. Pielou, 1998, Fresh Water, Chicago, Ill.: University of Chicago Press, p 215

[4] The Ramsar Convention on Wetlands, 1971, http://www.ramsar.org/, August 2007

[5] The Strategic Framework is available in pdf form as Handbook No. 14 in the Wise Use Toolkit series and on the Ramsar website at http:// ramsar.org/ke_guide_list2006_e.htm

[6] L. M. Cowardian, V. Carter, F. C. Golet, and E. T. LaRoe, 1979, Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, Washington, D.C.: US Fish and Wildlife Service

[7] US Environmental Protection Agency (USEPA) Regulations listed at 40 CFR 230.3(t)

[8] William J. Mitsch and James G. Gosselink, 1993, Wetlands, 2nd edn, New York: Van Nostrand Reinhold, p 29

[9] United States Federal Registry 59 Fed. Reg. 35680, July 13, 1994

[10] Food Security Act of 1985, US Code Citation: 16 U.S.C. pp 3801–3862

[11] G. W. Hurt and L. M. Vasilas, eds., 2006, Field Indicators of Hydric Soils in the United States, US Department of Agriculture (USDA) Natural Resources Conservation Service, http://soils.usda.gov/soil_use/hydric/field_ind.pdf, July 2007

[12] J. L. Richardson and M. J. Vespraskas, 2001, Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification, Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers

[13] USDA Natural Resources Conservation Service, http://soils.usda.gov, July 2007

[14] Pielou, Fresh Water, pp 216–218

[15] US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, 1987, US Army Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual, Wetlands Research Program Technical Report Y-87–1, Vicksburg, Miss.: USACE 280 WETLANDS Waterways Experiment Station, http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/wlman87.pdf, July 2007

[16] Porter B. Reed, 1988, National List of Plant Species That Occur in Wetlands: 1988 National Summary, St. Petersburg, Fla.: US Fish and Wildlife Service in cooperation with the US Army Corps of Engineers, US Environmental Protection Agency, and US Soil Conservation Service, http://www.fws.gov/nwi/bha/list88.html, July 2007

[17] USDA, 2007, National Plants Database, http://plants.usda.gov/, August 2007

[18] Reed, National List

[19] Mitsch and Gosselink, Wetlands, p 31

[20] Stratton-Porter, A Girl of the Limberlost

[21] Gene Stratton-Porter, 1919, Homing with the Birds, New York: Doubleday

[22] Scott Russell Sanders, 2001, "The Limberlost and found," Audubon Magazine.org http://magazine.audubon.org/features0105/limberlost. html, August 2007

[23] Mark M. Brinson, 1993, A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands, Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4, Vicksburg, Miss.: USACE Waterways Experiment Station

[24] T. E. Dahl, 2000, Status and Trends of Wetlands in the Coterminous United States 1986 to 1997, Washington, D.C.: UUS Department of the Interior, Fish and Wildlife Service

الفصل العاشر

السدود والخزانات

Dams and Reservoirs

استخدام عبارة المهندس نفسه، ليس هناك "زاوية للراحة" (المنطقة الطبيعية للتوازن ليست استراحة) في محاولات المجتمع البشري للسيطرة على الطبيعة.

جريج هينيسي، محرر [Gregg R. Hennessy]

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- مقدمة
- أنواع السدود
- الغرض من السدود
- آثار السدود والخزانات
- الأنهار، والسدود، وجهود إعادة التأهيل
- هل إزالة السد هو الحل؟

المقدمة

Introduction

بعيداً عن سور الصين العظيم، تعتبر السدود من أكبر المباني التي شيدت من قبل البشر. على مر التاريخ، لقد خدمت السدود أغراضاً كثيرة السيطرة على الفيضانات، وتوليد الطاقة الكهرومائية، والري، وإمدادات المياه البلدية، والترفيه، وتحفيز النمو الاقتصادي. دون وجود السدود، فإن عدداً لا يحصى من المدن قد تنهار من نقص في مياه الشرب، أو الإمدادات الكافية للصناعة، ودون وجود السدود، فالحياة الحديثة كما نعرفها لن تكون هي نفسها. في عام ١٩٥٠، كان هناك ٥٧٠٠ سد كبير في العالم (عرف السد الكبير بأن ارتفاعه على الأقل ١٥ متراً (٥٠ قدماً)، أو يقوم بتخزين أكثر من ٢,٨ مليون متر مكعب (٢٣٠٠ ايكر/ قدم، أو ٧٥٠ مليون جالون)،

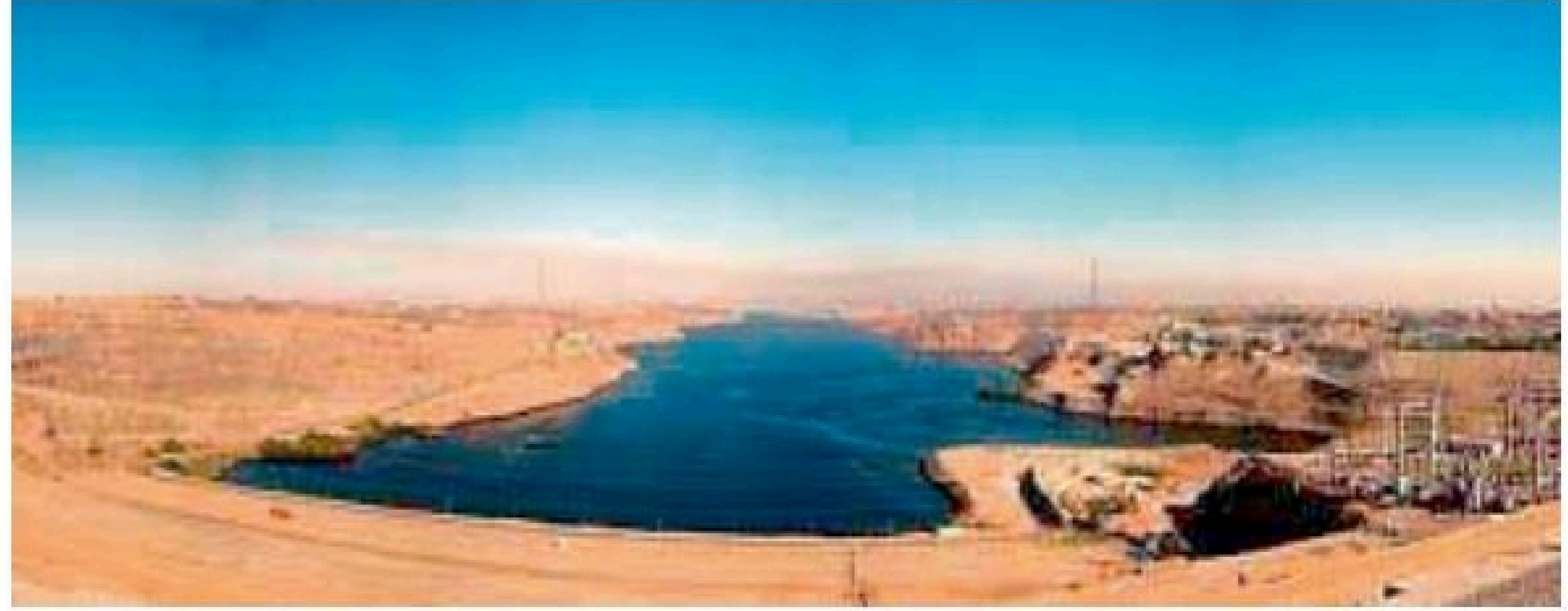
واليوم هناك أكثر من ٤٥ ألف سد [٢]. تقع ثمانون ٪ من هذه السدود الكبيرة في خمس دول فقط – الصين وإسبانيا والهند واليابان والولايات المتحدة، ولدى الولايات المتحدة حوالي ٦٠٠٠ سد كبير و ٧٣ ألف سد صغير، ولكن تباطأت وتيرة بناء السدود بشكل ملحوظ في العقدين الماضيين. الصين، من ناحية أخرى، كان بها أقل من ١٠٠ سد كبير في عام ١٩٤٩، ولكن اليوم بها ما يزيد على ٢٢ ألف سد كبير و ٦٣ ألف سد صغير (انظر الشكل ١٠,١) [٣]. البرازيل والهند وتركيا وأفريقيا لديها العديد من المواقع التي يمكن إقامة السدود بها في السنوات المقبلة.

السدود تعتبر حيوية للحضارة، ومع ذلك، فإن وجود السدود على الجداول المائية – سواء كانت كبيرة، أو صغيرة – هي حاجز على المسار الطبيعي للنهر، وتعطل وظائفه الطبيعية. السدود على الجداول المائية وظيفتها ليس فقط حجز تدفق مياه النهر، ولكن تحجز محتوياته أيضاً. الرواسب ومواد السلت الغنية بالمواد الغذائية تبقى خلف السد، وتتراكم في الجزء السفلي من الخزان. تراكم الرواسب تتداخل مع قدرة تخزين الخزان، وطبيعيا، هذه المواد الغذائية المحجوزة تتدفق إلى المصب وتجدد الترب الخصبة خلال الفيضانات. سد أسوان على نهر النيل (انظر الشكل ١٠,٢) هو مثال كلاسيكي للمنافع والخلاف حوله يدور بشأن هل يوفر السد الوقاية من الفيضانات، والطاقة الكهرمائية، والمياه اللازمة للري والاستقرار خلال سنوات الجفاف؟ توقف أيضا تجديد إضافة الرواسب أثناء الفيضانات التي أوجدت السهول الفيضية لنهر النيل على مدى آلاف السنين، وسوف تناقش هذه المشكلة بشكل كامل في وقت لاحق في هذا الفصل.



شكل ١٠,١. سد الثلاثة ممرات الضيقة في الصين شيد من الخرسان طوله حوالي ٢٣٠٩ متر (٧٥٧٥ قدماً) ، وإرتفاعه ١٠١ متر (٣٣١ قدماً). عرض السد ١١٥ متراً (٣٧٧ قدم) بالأسفل و ٤٠ متراً (١٣٠ قدماً) على القمة، وكان بناء هذا السد مثيراً للجدل كما هي مشاريع السدود الأخرى في أي مكان في العالم.

(Photograph by Christoph Filnko¨ ßl. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dreischluchtendamm_hauptwall_2006.jpg)



شكل ١٠,٢. سد أسوان المصري الذي أكمل في عام ١٩٧٠ لتوفير الطاقة الكهرومائية، والسيطرة على الفيضانات، ومياه الري
(Photograph by Benjamin Franck. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aswan_dam.jpg)

تقلل السدود من قدرة النهر بشكل طبيعي لتنقية نفسه من الرواسب وغيرها، بسبب خفض التدفق وحجز الماء في خزان (بحيرة) السد. درجات حرارة المياه في خزان السد- في الطبقات الحرارية المختلفة من الخزان- تختلف عن درجات الحرارة في ظروف تدفق المياه، ويمكن لهذه التغييرات في درجات الحرارة أن تؤدي إلى تدهور المأوى المائي لمصب السد، وبشكل عام، توفر السدود فوائد حيوية عديدة للبشر، ولكن يمكن أن تكون ضارة جداً للنظم البيئية على طول النهر.

أنواع السدود Types of dams

سدود القندس Beaver dams

على الرغم من أن أول سد شيده الإنسان منذ أكثر من ٨٠٠٠ سنة مضت، إلا أن حيوانات القندس قامت ببناء السدود الصغيرة لمدة أطول من ذلك بكثير، فسدود القنادس هي الوسيلة الطبيعة لإيجاد البرك، والأراضي الرطبة، والنظم البيئية المعقدة. استخدم حيوان القنادس العصي والطين بطريقة مبدعة للحد من تدفق التيار المائي لإنشاء البرك.

بذل حيوان القندس المزيد من الجهد لتغيير الطبيعية، من خلال إنشاء السد أكثر من أي حيوان ثديي آخر على الأرض باستثناء البشر، لمدة أكثر من ١٠ ملايين سنة، توجد القنادس (*Caster canadensis*) على منطقة واسعة من أمريكا الشمالية، تمتد من تندرا القطب الشمالي في كندا إلى صحاري شمال المكسيك واليوم إلى أبعد من ذلك في أمريكا الجنوبية (انظر الشكل ١٠,٣). وحدود استثارها الجغرافي مستنقعات فلوريدا ولويزيانا حيث تعتبر التماسيح المفترس الطبيعي لها. حيوانات القنادس تعيش في الولايات المتحدة منذ زمن بعيد وكان عددها يقدَّر ما بنحو ٢٠٠ مليون قندس، أما اليوم، يصل عددها حوالي ٧-١٢ مليون فقط، مع الغالبية العظمى المتبقية في منطقة

شمال البحيرات العظمى [٤]. والغريب هو أن القندس الأوروبي (*Caster fiber*) ليست لديه الرغبة في بناء السدود في معظم المناطق، وحدود أنشطته في البناء حفر الجحور فقط على ضفاف الأنهار.



شكل ١٠,٣. سد حيوان القندس هذا في الأرجنتين، حيوان القندس بالقرب من أشيا Tierra del Fuego يسكن في مناطق مختلفة.
Photograph by Ilya Haykinson. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beaver_dam_in_Tierra_del_Fuego.jpg.

حيوانات القندس هي الأنواع الرئيسية الموجودة في ضفاف الأنهار، وهذا يعني أن لديها تأثيراً كبيراً على هيكل النظام البيئي. توفر القنادس مآوي لعشرات الأنواع من الحيوانات في البرك ومجمعات الأراضي الرطبة التي تنتشر خلف السدود. طيور البط المهاجرة، والأسماك، والضفادع، وطائر البلشون الأزرق، والموس ليست سوى أمثلة قليلة من الحيوانات البرية التي تستفيد من نشاط القندس، وفي النهاية، وبعملية بطيئة فإن العديد من هذه الأراضي الرطبة المعقدة مملوءة بالطمي، مما تضطر أجيال لاحقة من القندس للانتقال إلى مواقع جديدة.

مروج القنادس، المرتبطة بالأراضي الرطبة، هي أمثلة لمنطقة بيئية انتقالية بين المناطق البيئية. في هذه الحالة بين الأراضي الرطبة والجدول المائي، تؤدي مروج القنادس وظيفة قيمة بين الجداول والأراضي الجافة، وهذه المروج تحتوي على شبكات الغذاء الكثيفة المزدحمة بالملايين من الكائنات الحية، والعوالق الحيوانية، والبكتيريا التي تساعد في تنظيف المياه إن وجدت في الأراضي الرطبة. تعمل مروج القنادس أيضا بمثابة إسفنجة عند سقوط الأمطار، حيث تحافظ على المياه خلال العاصفة المطرية. واطلاقه في وقت لاحق خلال الجفاف، أنها تساعد على تقليل الفيضانات وتعرية مجرى النهر، ويمكن أن تزيد من تغذية المياه الجوفية. في نهاية المطاف سوف تحل المروج محل الغابة الضعيفة، وينتشر نبات الصفصاف في حدود الأراضي الرطبة.

كما أن سدود القنادس غيرت النظم البيئية، فان فقدان القنادس أدى إلى فقدان الأراضي الرطبة التي تقوم القنادس بتكوينها. لم يعد بالإمكان حجز تدفق المياه والرواسب وراء برك القندس، قلة البرك تعني قلة مآوي البط المهاجرة وغيرها من الحيوانات البرية. يمكن لفقدان سدود القنادس أن تغير من دورة المياه المحلية عن طريق خفض مساحة المياه التي تغطي البرك.

السدود التي بناها الإنسان Human-constructed dams

ربما كان القصد من بناء السدود الأولية توفير مياه الري لمساحات صغيرة من الحبوب، أو المحاصيل الزراعية الأخرى، وأكبر السدود ومشاريع الري المرتبطة بها سمحت للتطور الحضاري في بلاد ما بين النهرين القديمة، وعلى طول نهر النيل في مصر، ونهر إندوس في باكستان. على نهر هوانغ هي (النهر الأصفر) في الصين، للإعدادات التي يعتمد عليها من السدود أنتجت فوائض زراعية، أيضا اختلفت كثيرا عما كان سائداً في المجتمعات البدائية للصيادين المتمثل في تحديد مكان الطعام اليومي الذي تم وصفه في الفصل الثاني.

كان التعاون ضرورياً بين مستخدمي المياه للري لإزالة الطمي من القنوات، وإيصال إمدادات المياه إلى حقول الرعي، ولرصد المياه المتاحة، لعدة أشهر، كانت هذه الخطوات الأولى نحو التحضر في الحياة. يسمح الري للبشر لتطوير النظام الاجتماعي، والقوانين، والترابط بين الإنسان أبعد مما يحصل بين العشائر الصغيرة، أو المجتمعات المتقاربة. للحفاظ على هذه المشاريع، شجع الحكام القدماء (وأحيانا قسريا) الناس لإنشاء ما يسمى الحضارات الهيدروليكية على نطاق واسع بالمجتمعات الزراعية القديمة اعتماداً على السدود الحكومية وأنظمة القناة. جمعت العمالة لبناء وصيانة مشاريع المياه هذه، وبعد ذلك، في العصر الروماني وعصر النهضة بأوروبا ، أصبحت أنظمة المياه هي أساس الإنتاج الزراعي، والنشاط الاقتصادي، وسلطة الحكومة.

في العمق In depth

وضع كارل أغجتس وتفوجيل (1896-1988) Karl August Wittfogel أموراً مثيرة للجدل فيما يوصف بـ "الحضارات الهيدروليكية" في عام ١٩٥٧ [٥]. ولد في ألمانيا، ولكن فرا خلال نظام هتلر الفاشي خلال الحرب العالمية الثانية. كان مناهضا صريحا للفاشية بحماس، واعتقل من قبل الجستابو النازية لمدة ثمانية أشهر وأطلق سراحه بعد الاحتجاجات من المجتمع العلمي. جاء إلى أمريكا وبعدها درس التاريخ ومقرارات أخرى في جامعتي كولومبيا وواشنطن. في عام ١٩٥٧، ونشر الاستبداد الشرقي: دراسة مقارنة عن القوة الكلية [٦]. تحدث في كتابه عن أصول المجتمعات المعقدة، وأظهرت راسته كيفية استخدام إدارة المياه من قبل الأباطرة الصينيين للوصول إلى السلطة على شعوبها. إستخدام العمالة قسريا– للحفاظ على شبكات إمدادات المياه– أعطى السلطة للحكام. "الذين يسيطرون على شبكات المياه (هيدروليكية) مستعدون لمارسة أعلى سلطة ممكنة"، وفقا لتفوجيل.

السدود الترابية Earthen dams

أول السدود التي شيدت من قبل البشر يعتقد بأنها سدود ترابية على الطرف الشرقي من بلاد ما بين النهرين في الشرق الأوسط. تم العثور على قنوات ري قديمة عمرها ٨٠٠٠ سنة في هذه المنطقة، وأنه من المرجح أن المزارعين استخدموا السدود الصغيرة من التراب، والعصي، والقصب لتحويل المياه من الجداول المائية إلى قنوات الري. أحد أقدم وأكبر السدود في الحجم هو سد نمرود Nimrod في بلاد ما بين النهرين حوالي ٢٠٠سنة قبل الميلاد؛ الذي شيد على نهر دجلة شمالي بغداد، العراق، حيث شيد على الأرجح من التراب والخشب، وذلفك للحد من التعرية والتحكم في مياه الفيضانات لاستخدامها لاحقا في الري. تحطم السد حوالي ١٢٠٠ م، وسمح لنهر دجلة للعودة إلى مساره القديم.

السدود الترابية هي أكثر السدود التي شيدها البشر، لأنها أسهل وأرخص في البناء. حوالي ٨٠ ٪ من جميع السدود الكبيرة في العالم اليوم شيدت من التراب والصخور [٧] تعتمد السدود الترابية على الوزن الهائل لمواد البناء لمقاومة قوة دفع المياه خلف السد، و حيث إن المياه توجد قوة ضغط قوية على قاعدة السد، فالبناء عادة ما يكون عريضا عند القاعدة مقارنة بأعلى السد، وتستخدم مواد ضد تسرب المياه نسبيا مع مواد البناء لمنع تسرب المياه. السدود الترابية ليست قوية كما السدود المشيدة من الخرسانة، ولذلك، فإن السدود الترابية أعرض بكثير من السدود الخراسانية، في العصر الحديث يستخدم المهندسون التربة المضغوطة للحد بدرجة كبيرة من تسرب المياه من خلال السدود الترابية.

تم بناء سد سانت فيرول Ferreol في فرنسا، بين عامي ١٦٦٦ و١٦٧٥ م، بعد موافقة الملك لويس الرابع عشر. تم بناء هذا السد الترابي الكبير على نهر Laudot بمجموعة أساسية من مواد البناء، وكان على ارتفاع ٣٦ مترا (١١٨ قدما). يمكن أن يخزن ٦,٧ مليون متر مكعب (٥٤٠٠ ايكر-قدم، أو ٥٥,٩ مليون جالون) من الماء، وكان أعلى سد ترابي في العالم لمدة ١٦٥ عاما.

سجل السدود الترابية في الولايات المتحدة ضعيف قبل عام ١٩٣٠، والعديد منها فشل بسبب جريان المياه فوق السد أثناء الفيضان، وسبب الفشل ارتفاع مستوى الماء في الخزان بدرجة كبيرة مما يسبب جريان المياه فوق السد، وهذا يؤدي إلى تعرية المصب المقابل للسد، وفي نهاية المطاف يمكن أن يؤدي إلى فشل هيكل السد، واحدة من أسوأ الأمثلة على فشل السد الترابي هو سد South Fork القريب من جونستاون، بولاية بنسلفانيا. أثناء الفيضان في عام ١٨٨٩، فاض السد، وأكثر من ٢٠٠٠ شخص لقوا حتفهم من مياه الفيضان المتزايد. راجع الموقع المخصص للخدمة الوطنية للحدائق (www.nps.gov/jofl/) للحصول على معلومات إضافية بخصوص هذه الكارثة في القرن التاسع عشر.

فكر في الآتي Think about it

السدود الترابية، مثل كل السدود، تتطلب مراقبة مستمرة وصيانة للحد من فشلها، بعض السدود يعمر كثيرا، وقد لا تعوض التكاليف العالية للصيانة الفوائد الاقتصادية، أو المشاكل البيئية الناجمة عنه في بعض الأحياء. يجب اتخاذ خيارات صعبة لتبرير إزالة أو استمرار صيانة السد يمكنك التفكير في وضع يكون إزالة السد أفضل خيار لمالك السد والبيئة؟

سدود الجاذبية Gravity dams

أما النوع الثاني من السدود التي شيَّدها الإنسان هي السدود الجاذبية وهي سميكة، وجدرانها مثلثة الشكل من الخرسانة، أو الحجارة الكبيرة (الكتل الحجرية). عموماً، يتم بناء سدود الجاذبية عبر وديان الأنهار الضيقة نسبياً التي لديها أسس جيدة من الصخور. الوزن الهائل من المواد الداخلة في بناء السد يقلل من الضغط الذي يحدثه الماء على السد. بعد سد الكفرة من أشهر سدود الجاذبية القديمة المعروفة وشيد في مصر القديمة بين ٢٩٥٠ و ٢٧٥٠ قبل الميلاد، ما يقرب من ٥٠٠٠ سنة مضت. كان سد الكفرة ("سد الوثنيين") واحداً من أقدم الأبنية الهندسية المدنية في العالم، ويعطي دلالة على تاريخ بداية بناء السدود القديمة [٨] .

تم اكتشاف بقايا سد الكفرة في عام ١٨٨٥ من قبل جورج أوجست Georg August Schweinfurth، عالم الآثار الألماني، وهو سد جاذبية قديم تم بناؤه على الجدول المائي في وادي الجراوي وهو وادٍ في الصحراء الشرقية من مصر، قرب حلوان، على بُعد ٣٠ كيلومتراً (٢٠ ميلاً) جنوب القاهرة، ويعتبر عالمياً أول سد جاذبية معروف شيد عبر النهر . كان السد بطول قمة ١٠٦ أمتار (٣٤٨ قدماً) ويبلغ طوله من القاعدة ٨١ متراً (٢٦٥ قدماً). وكان عرضه في الأعلى ما يقرب من ١٣ متراً (٤٣ قدماً)، و٢٤ متراً (٧٩ قدماً) في العرض من قاعدة السد، مع أقصى ارتفاع ١١ متراً (٣٧ قدماً). وتقدر طاقة التخزين بـ ٦٠٠ ألف متر مكعب (٤٨٦ أيكر/ قدم، أو ١٦٠ مليون جالون). وقد امتلأ السد بكميات ضخمة من الحصي والحجارة [٩].



شكل ١٠,٤. وكالة المحافظة على المصادر الطبيعية (NRCS). السد هو للسيطرة على الفيضان وشيّد بالقرب من تايلر على أنهار أحواض تجميع

(Photograph courtesy of USDA NRCS Sudbry-Assabet-Concord)

على الرغم من كتل الحجر الجيري الموضوعة بعناية لتغطية السد، إلا أنها لم تمنع تسرب المياه. لم تستخدم هاونات لسد وختم أي فجوات بين الحجارة، مما سمح لتدفق المياه المحتمل بين كتل الحجر الجيري، وتسمى هذه الحالة بالفجوات، أو الأنابيب.

اخترع الرومان الخرسانة في القرن الثاني قبل الميلاد، وأكملوا الخلط من الجير والجبس ضمن المواد المستخدمة في بناء سدود الجاذبية الأكثر ثباتا. قام الإمبراطور نيرون Nero (54-68 م) ببناء سد عبر نهر أنيني Aniene في سان ماورو دي بونتي لغرض المتعة بالقرب من بحيرة فيلته في سوبياكو بالقرب من روما. كان واحداً من أقدم السدود الرومانية، وكان أطولها، وظل هيكله سليماً حتى ١٣٠٥ م عندما أقدم اثنان من الرهبان بإزالة بعض الحجارة من السد لخفض منسوب المياه في البحيرة. من الواضح، أن المياه جرت فوق السد وأدى ذلك إلى تدهور وتحطم السد.

تم بناء العديد من سدود الجاذبية الرومانية في شبه جزيرة أيبريا والتي تقع حاليا ضمن البرتغال وإسبانيا، وفي شمال أفريقيا، والشرق الأوسط. وكان أكبر سد يقع بالقرب من حمص بسوريا في ٢٨٤ م. وكان ارتفاع السد ٢٠٠ متر (٦٥٠ قدم) ويحتفظ بحوالي ٩٠ مليون متر مكعب (٧٣ الف ايكر-قدم، أو ٧٥٥ مليون جالون) من المياه.

سدود الجانبية الحديثة تخدم وظائف كثيرة، على سبيل المثال، قامت وزارة الزراعة الأمريكية عبر خدمة المحافظة على التربة (تم تغيير اسم الوكالة إلى خدمة المحافظة على الموارد الطبيعية [NRCS] في عام ١٩٩٤) ببناء عشرة من السدود الجاذبية بين عامي ١٩٦٢ و ١٩٨٧ في أحواض تجميع أنهار سدبري-أسيبت-كونوكرد

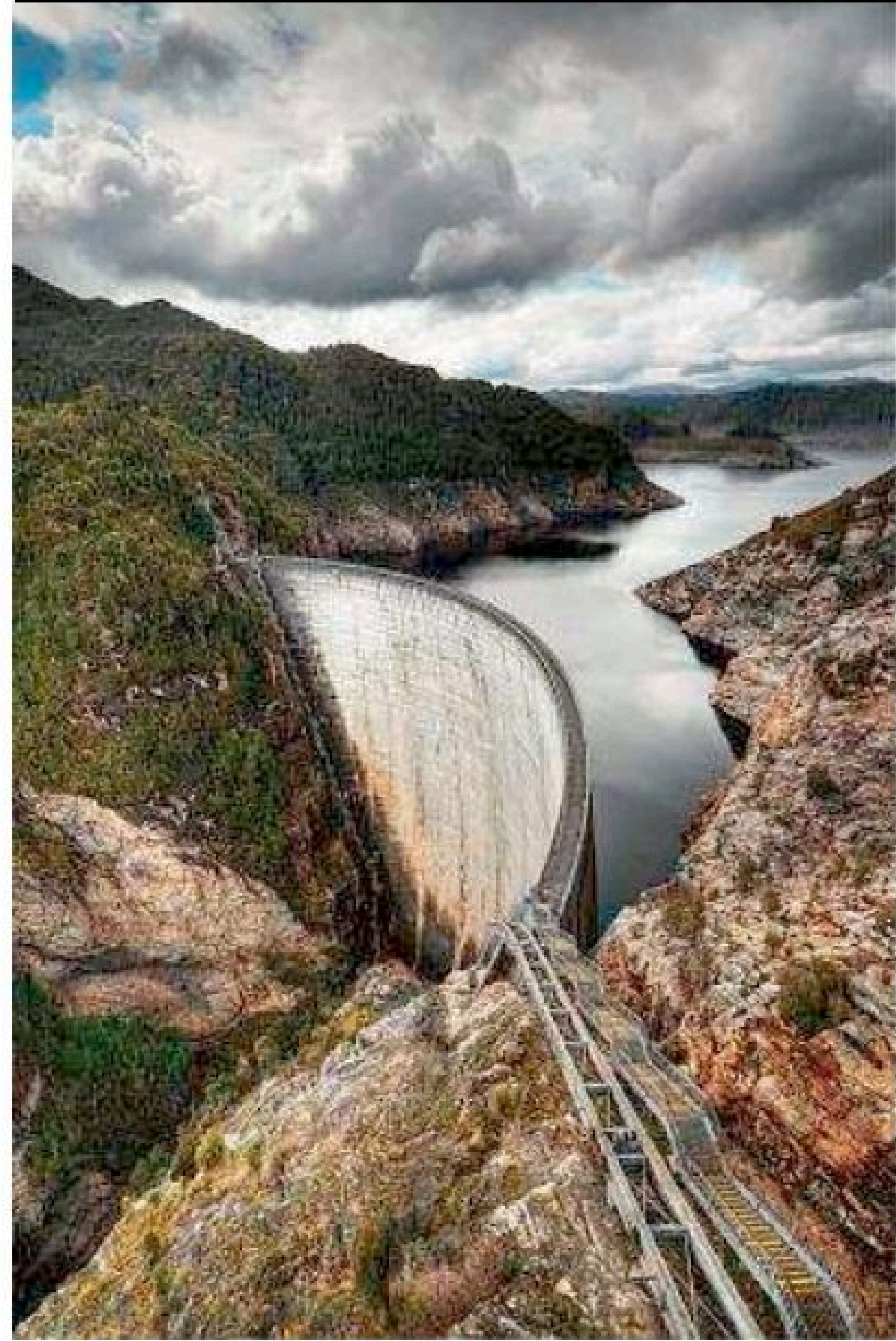
Sudbury-Assabet-Concord– (الشكل٤ , ١٠). هذه السدود لا تزال تقوم بالسيطرة على الفيضانات في شرق ولاية ماساشوستس.

السدود القوسية Arch dams

السدود القوسية تصنع أيضاً من الخرسانة، لكنها محدودة لوديان الأنهر الضيقة مع الجدران الصخرية الصلبة. يعتمد السد القوسي على شكله في قوته، وهو ليس عريضاً نسبياً للحد من كمية المواد وتكاليف البناء. الشكل الطبيعي المنحني للقوس يساعد السد بالصمود في وجه القوة الهائلة من ضغط المياه في الخزان مع جزء فقط من الخرسانة المطلوبة من قبل سد الجاذبية. تم بناء أول السدود القوسية المعروفة من قبل الرومان في دي بوم فالون، فرنسا، لتوفير المياه لمدينة قريبة، وكان ارتفاع السد ١٢ متراً (٤٠ قدماً) وطوله ١٨ متراً (٦٠ قدماً). شيد السد القوسي الثاني حوالي ١٢٨٠م عبر نهر كوبر Kebar في إيران حاليا، ولقد اكتشف في عام ١٩٥٦ من قبل هنري جوبلت Henri Goblot ، المهندس الفرنسي، ولايزال هيكل السد سليم. ويعتبر أقدم سد قوسي موجود حالياً إرتفاع السد ٢٦ متراً (٨٥ قدما)، وطوله ٥٥ مترا (١٨٠ قدماً) عند التقوس، وعرضه عند القوس ٥ أمتار (١٦ قدما). تشيد السدود القوسية عموما في التكوينات الصخرية على جانبي الوادي لتقوية دعامات السد المقوس، طريقة الإنشاءات "مفاتيح" تربط البناء بالصخور ، وتنشأ مواقع مشتركة مع جدران الوادي وكذلك عند قاعدة السد، حوالي ٤ ٪ فقط من جميع السدود الكبيرة في العالم هي سدود قوسية [١٠ [. الشكل ٥ , ١٠ لسد جوردون في تسمانيا، وهو منشأة توليد الطاقة الكهرومائية، لاحظ تصميم القوس الكبير للسد.

السدود المدعمة Buttress dams

يعتبر دون بيدرو دي برناردو فيارا لدى بيريز Don de Berriz من إسبانيا أول من ألف كتاباً عن تصميم السدود في ١٧٣٦م. ويطلق عليه بالإسبانية " المطاحن والآلات الهيدروليكية. لم يكن هناك سوى نوعين من السدود التي شيدت.



شكل ١٠,٥. السد القوسي المزدوج الانحناء على نهر جوردون في تسمانيا، أستراليا، ارتفاعه ١٤٠ متراً (٤٦٠ قدماً)، مما يجعله أطول سد في ولاية تسمانيا وخامس أطول سد في أستراليا.

Photograph by "Noodle Snacks" at) http://en.wikipedia.org/ (.wiki/File:Gordon_Dam.jpg

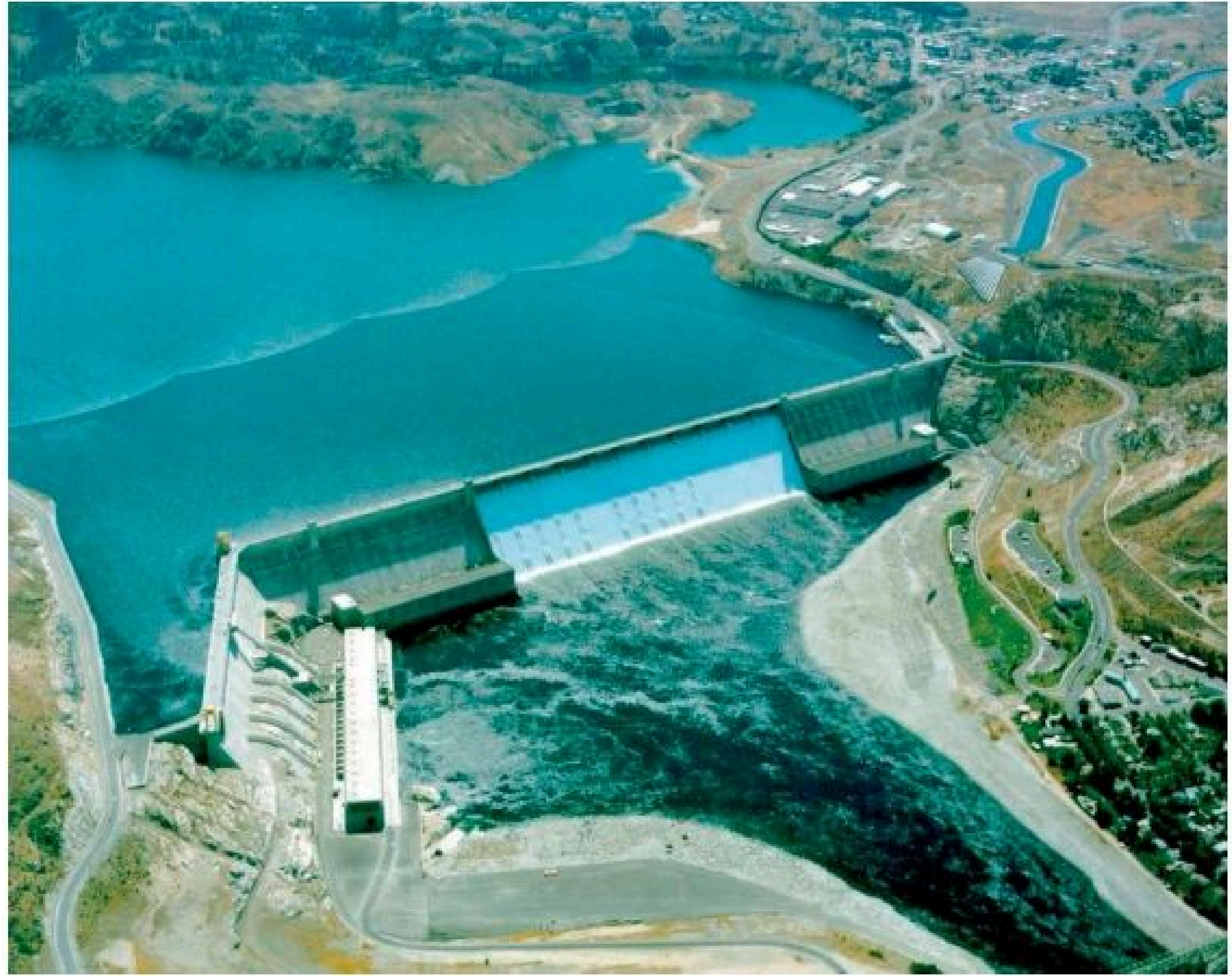
يصف كتاب دون بيدرو كيف يمكن بناء سد متعدد التقوس (التقوس بالتجاهين الرأسي والأفقي). بالإضافة إلى ذلك، وصف كيف يؤثر الدعم الاصطناعي، أو الدعامات في بناء هيكل السد. أدى هذا الوصف إلى اختراع السدود المدعمة. سد الجاذبية الذي يشمل الدعامات (مماثلة لتلك المستخدمة في الكاتدرائيات في إسبانيا وأوروبا – وهو تصميم مميز يستخدم لدعم السقوف العالية والفتحات الكبيرة في جدران الكنائس والنوافذ الدائرية المزخرفة). توفر السدود المدعمة وزنا إضافياً ودعماً للتأكد من استقرار بناء السد. سد المندرالجو (Almendralejo) . يقع بالقرب من بطليوس، إسبانيا، ويعتبر من أقدم الأمثلة على السدود الكبيرة المدعمة، ويعرف أيضا باسم سد البيرا دي فيريا Albuera de Feria ، حيث شيد في عام ١٧٤٧م، ولا يزال قائماً، ارتفاع البناء الاصلي للسد حوالي ٢٠ متراً (٦٥ قدما)، وطوله ١٧٠ متراً (٥٦٠ قدماً). قدمت الدعامات دعماً لواجهة مصب السد [١١].

الشكل ١٠ , ٦ لسد كولي الكبير Grand Coulee في ولاية واشنطن، حيث بني لتوفير الطاقة الكهرومائية ومياه الري، ومن المثير للاهتمام بأنه تم توسيع مشروع السد الأصلي إلى مواصفات أعلى في عهد الرئيس فرانكلين

ديلانو روزفلت Roosevelt أنشىء السد بهدف توفير المزيد من فرص العمل، والمياه، والطاقة أثناء ذروة فترة الكساد الكبير، وكان هذا السد عاملاً رئيسياً في التنمية الصناعية في شمال غرب المحيط الهادئ.

أغراض السدود Purposes of dams

في كثير من الأحيان تدل أنماط الطقس المتغيرة والمناخ على كميات قليلة من التساقط، وتوفر السدود فرصاً لتخزين المياه ولالتقاط مياه الجريان السطحي خلال أوقات الوفرة لاستخدامها خلال فترات نقص المياه، كما تقوم السدود بتقليل ومنع الأضرار الناجمة عن الفيضانات، وتوليد الكهرباء، وتحسين الملاحة في الأنهار.



شكل ١٠,٦. سد كولي الكبير، أغسطس، ١٩٨٦.

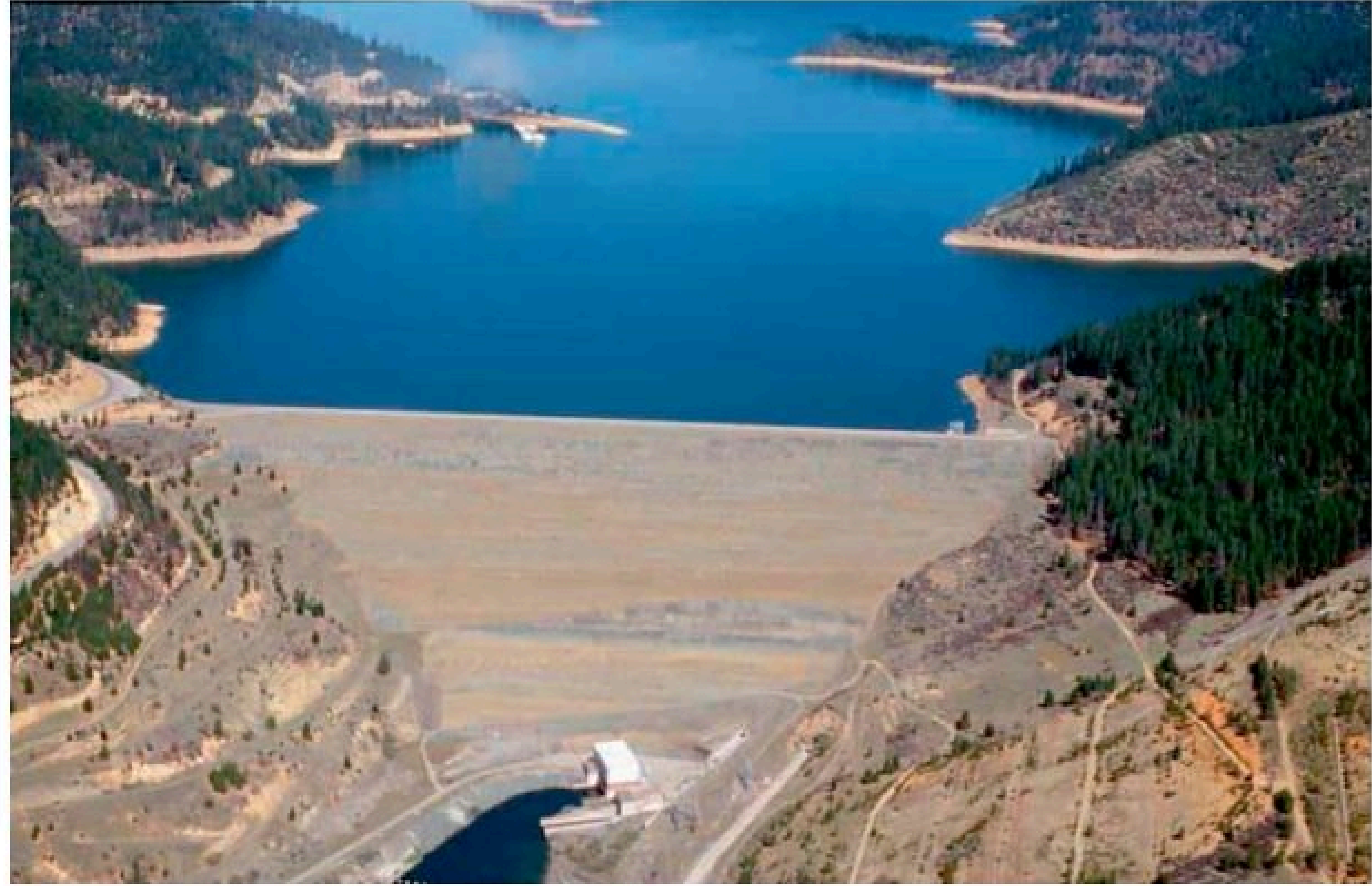
Photograph courtesy of US Bureau of Reclamation. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gordon_Dam.jpg.

تنشئ السدود الخزانات لتخزين المياه الصالحة للشرب، واحتياجات الصرف الصحي، والاستخدامات الصناعية، وغيرها من المتطلبات التي تحتاجها البلدات والمدن. السيطرة على المياه، ولا سيما في المناخات الجافة، هو الهدف من معظم مقدمي خدمات المياه البلدية، ولقد أوفت السدود بهذا الغرض الحيوي لعدة قرون، وما زالت مستمرة في تقديم الخدمة إلى المجتمعات المتنامية، أيضا، مياه الري، والاستخدامات الصناعية، والترفيه، والمرافق الصحية من الأغراض المهمة فى تخزين المياه خلف السدود. الشكل ١٠,٧ لسد البوابة الحديدية Iron Gate على نهر كلاماث Klamath، بمدينة هورنبروك، كاليفورنيا. هذا السد هو في نهاية سلسلة من السدود على نهر كلاماث،

والغرض الأساسي من السد تنظيم تدفقات المياه وتوفير الطاقة الكهرومائية. لقد أوجدت السدود على نهر كلاماث جدلاً كبيراً بين مستخدمي المياه للري وأولئك الذين يريدون المحافظة على الأسماك واستعادة تدفق النهر الطبيعي.

السيطرة على الفيضان Flood control

في جميع أنحاء العالم. تسببت الأنهار بالمشقة للإنسان والتدمير لعدة قرون من جراء السيول توفر الفيضانات التربة الغنية، والجداول المائية للملاحة، ومياه الري، ومع ذلك، في مقابل هذه الفوائد، عاشت مجتمعات السهول الفيضية الخوف من كارثة السيول. قامت الحكومات بتشييد السدود والحواجز في جميع أنحاء العالم للحد من خطر الفيضانات، ولكن نتائجها كانت متفاوتة في العديد من المواقع، ولقرون حاول البشر بناء السدود للسيطرة على الفيضانات المدمرة، والسماح للتنمية الزراعية والحضرية داخل السهول الفيضية الخصبة.



شكل ١٠,٧. سد بوابة الحديد Iron gate على نهر كلاماث، كاليفورنيا، الولايات المتحدة. يساعد السد في الحفاظ على تدفقات نهر المصب من مشروع نهر كلاماث.

(Photograph courtesy of Klamath Bucket Brigade)

النهر الأصفر The Yellow River

الصين لديها تاريخ طويل ومأساوي من الفيضانات، فخلال ٢٠٠٠ سنة الماضية، فاض نهر اليانغتسي Yangtze أكثر من ألف مرة، ومع ذلك، فإن نهر هوانغ هي، أو "النهر الأصفر"، هو الذي تسبب في معظم الدمار والفيضانات الكبيرة. يعتبر النهر الأصفر ثاني أطول نهر يتدفق لأكثر من ٤٨٠٠ كيلومتر (٣٠٠٠ ميل) في الصين من خلال المحافظة الجبلية الشمالية تشينغهاي Qinghai، وينتهي في البحر الأصفر. نهر هوانغ هي يسمى "محزن

الصين china's sorrow" لأنه قتل المزيد من الناس أكثر من أي نهر آخر في العالم. فيضانات عام م١٨٨٧ قتلت ما يقرب من مليوني شخص، وفي عام ١٩٣١م، فقد ما يقرب من ٤ ملايين شخص، وفي عام ١٩٣٨م دفن أكثر من مليون شخص يسبب مياه الفيضانات] ١٢[.

يسبب الطمي بعض المشاكل الناتجة من الفيضانات على طول نهر هوانغ هو ويتكون ما يقرب من ٦٠ ٪ من حجم الماء وزناً من الرواسب. هذه المياه العكرة ترسب ملايين الأطنان من الطين والطمي مما يسبب صغر قناة تدفق مياه النهر، الأمر الذي أدى إلى تجاوز وتغيير المسار. جرت محاولة السيطرة على الفيضانات في وقت مبكر ٣٠٠ قبل الميلاد من قبل إمبراطور الصين، يو الكبير. شيدت السدود الأكبر والأطول للحد من فيضان نهر هوانغ هو، وبنيت السدود للمساعدة في السيطرة على الفيضانات، ومع ذلك، فإن الكميات الكبيرة من الطمي سدت العديد من الخزانات الجديدة. يجري تشييد المزيد من السدود، مثل مشروع سد شياولانغدي متعدد الأغراض على النهر الأصفر فى مقاطعة خنان (انظر الشكل ٨ , ١٠)، للسيطرة على "محزن الصين".



شكل ١٠,٨. بناء سد شياولانغدى مشروع متعدد الأغراض على نهر اليانغتسي فى الصين.

(Photograph courtesy of Ministry of Water Resources. P.R. China at http://www.mwr.gov.cn/english1/project/xldtpj/tpj/tp23.htm)

نهر النيل The Nile River

تختلف العلاقة التي بين المصريين ونهر النيل كثيراً عن العلاقة التي بين السكان الصينيين الذين يعيشون على طول نهر هوانغ، منذ آلاف السنين. يسمي المصريون فيضان نهر النيل السنوي "هبة النيل". كل صيف، كالساعة المنتظمة. يحمل النيل مياه الفيضانات من الجبال الزرقاء بإثيوبيا إلى الوادي المنخفض لنهر النيل بشرق مصر. عندما تنحسر المياه، تترسب طبقة رقيقة سوداء، من الطين الخصب، وتزرع المحاصيل على الفور في التربة الغنية التي لا تحتاج إلى الأسمدة وهي الأرض القابلة للزراعة في مصر، ويمثل الوادي الضيق لنهر النيل نسبة ٣ ٪ من مجموع الأراضي في البلاد، ولكنها توفر الغذاء للمنطقة لعدة قرون.

حجز بناء السد العالي في أسوان نهر النيل، حوالي ٩٧٠ كيلومتراً (٦٠٠ ميل) إلى الجنوب من القاهرة، بحيرة ناصر التي تم إنشاء الخزان خلف سد ارتفاعه ١١١ متراً (٣٦٤ قدماً)، حيث اكتمل بناؤه عام ١٩٧١م. تمت إزالة العديد من المواقع المصرية القديمة قبل غمر المنطقة بثالث أكبر خزان في العالم، ولكن بعض المواقع غمرت بالمياه بشكل دائم وتم تدميرها، وغمرت المياه آلاف المنازل أيضا، واضطر ٩٠ ألف من الفلاحين بالانتقال إلى أماكن أخرى.

بسبب انخفاض تدفقات الفيضان، فالمياه المالحة من البحر الأبيض المتوسط أخذت طريقها إلى نهر النيل، وبالإضافة إلى ذلك، فإن مياه بحيرة ناصر الكبيرة السطحية قد خفضت متوسط درجة حرارة الهواء في المنطقة، ووضعت المزيد من الأراضي تحت الري، ونادراً ما يحدث فيضان الآن لنهر النيل، ومع ذلك، فإن مياه النهر الآن واضحة نسبيا - خالية من الرواسب، وحيث إنه يتم حجز الرواسب الخصبة خلف السد في بحيرة ناصر، يجب إضافة الأسمدة لمحاصيل المصب من السد. هذه هي النتائج المترتبة على بناء السدود التي ربما تكون متوقعة، ولكن لا تعتبر من المحددات لوقف المشروع.

نهر المسيسيبي The Mississippi River

نهر"الميسيسيبي القوي" يبدأ منابعه الضعيفة من شمال ولاية مينيسوتا، ولكن ينتهي كنهر عظيم بعد ما يقرب من ٣٩٠٠ كيلومتر (٢٤٠٠ ميل) إلى الجنوب في ولاية لويزيانا وخليج المكسيك، على طول المسافة، الآلاف من روافد - من ٣١ ولاية أمريكية ومقاطعتين كنديتين تؤدي إلى تكوين مياه الجريان السطحي، مساحة الأراضي في وادي نهر المسيسيبي ٢٠ ٪ أكبر من مساحة وادي نهر هوانغ هي بالصين، ومن ضعفي مساحة النيل في

أفريقيا ووادي نهر الجانج في الهند، و١٥ مرة أكبر من نهر الراين في أوروبا. أكثر من ٤٠ ٪ من أراضي الولايات المتحدة تقع ضمن وادي نهر المسيسيبي وتعتبر واحدة من أكثر المناطق إنتاجية في العالم، ومع ذلك، فإن النهر يسبب فيضانات مدمرة.

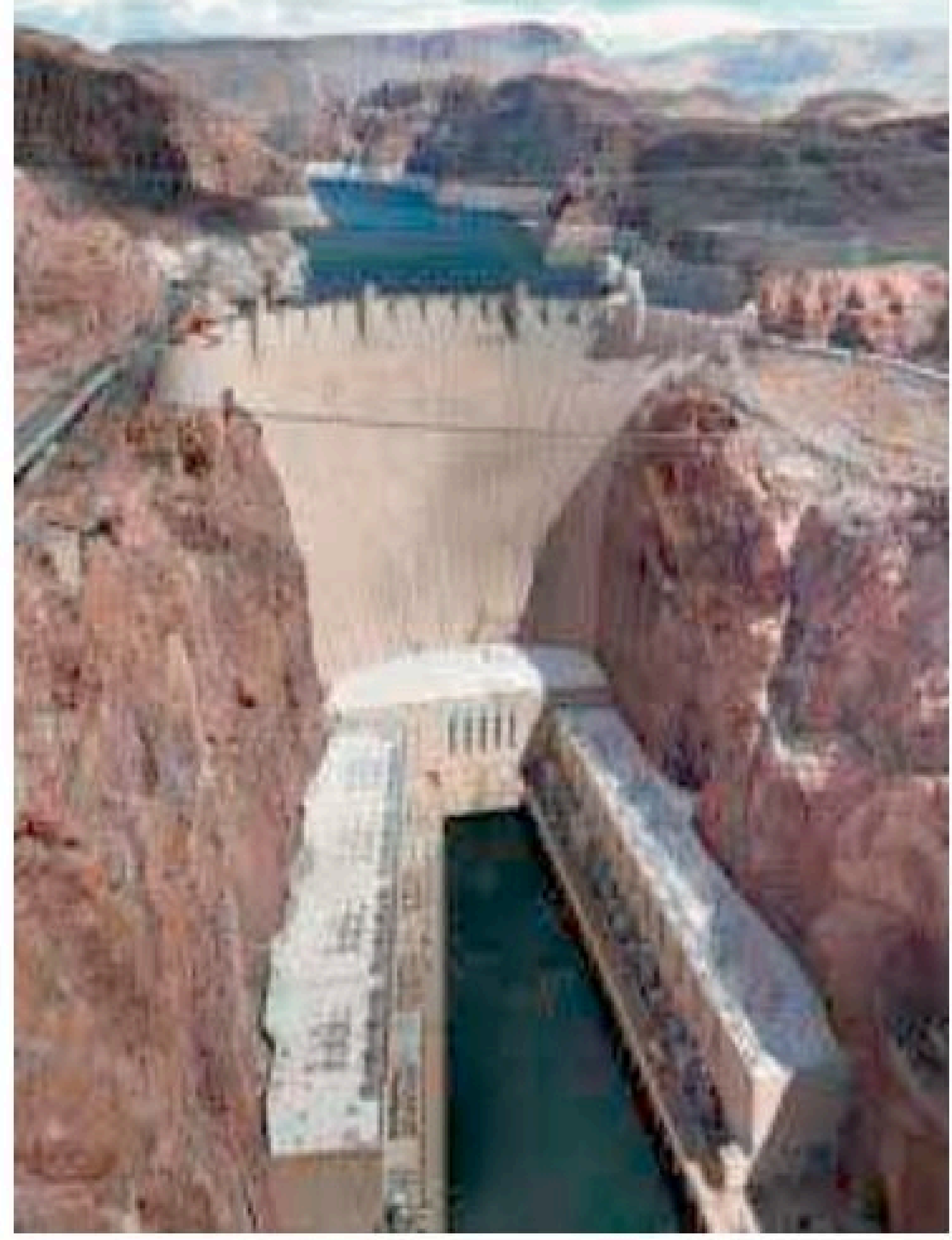
انظر في كتاب جون باري John M. Barry's الرائع بعنوان ارتفاع المد والجزر: الفيضان العظيم لنهر المسيسيبي عام ١٩٢٧ وكيف غير أمريكا، لقراءة التاريخ الرائع عن الفيضانات على طول نهر المسيسيبي.

الفيضانات الرهيبة التي وقعت في عام ١٩٢٧، وبعدها مباشرة، قامت وحدة المهندسين بالجيش الأمريكي (USACE) بحماية الناس والممتلكات بحوض التجميع، فقد أكثر من ١٠٠٠ شخص حياتهم، وأكثر من ٩٠٠ الف شخص بلا مأوى بسبب مياه الفيضانات الرهيبة في تلك السنة. تولت وحدة المهندسين USACE المسئولية وأنشأت أطول نظام حواجز في العالم للسيطرة على الفيضانات في المستقبل. اليوم، يوجد على نهر الميسيسبي ٢٩ حاجزاً وسداً، ومئات من قنوات الجريان السطحي، ومئات الأميال من الحواجز على جانبي النهر. شعر السكان الذين يعيشون بالقرب من الحواجز بالأمان نسبياً حتى حدوث فيضان عام ١٩٩٣ المدمر، مما أدى إلى فيضانات في ولايات الوسط الغربي العليا، وفُقِدَ خمسون شخصا، وُقدِّرت الأضرار المادية بأكثر من ١٥ مليار دولار أمريكي، بما في ذلك فشل الحواجز، واضطر الالاف من السكان لإخلاء منازلهم، وبعضهم لعدة أشهر. أكثر من ١٥٠ من الجداول المائية والروافد أثرت على مناطق الفيضان، حيث اعتبر من أسوأ الفيضانات في تاريخ الولايات المتحدة]١٣[. ومع ذلك، فهذه المأساة طغى عليها إعصار كاترينا المدمر في ولاية نيو أورليانز والمناطق المحيطة بلويزيانا وميسيسيبي في عام ٢٠٠٥م. احتمال القضاء على الفيضانات في نهر المسيسيبي صعب، إن لم يكن من المستحيل، ولكن يبقى هدفاً للتحقيق.

استخدام المياه في المناطق الحضرية Urban water use

نهر كولورادو The Colorado River

تساعد مياه نهر كولورادو ٣٠ مليون شخص في البقاء على قيد الحياة، ويقع النهر في جنوب الصحراء الغربية للولايات المتحدة. المدن الرئيسية والأكثر نمواً مثل دنفر، ولاس فيغاس، وفينيكس ولوس انجليس بحاجة للمياه من نهر كولورادو للشرب والري، والأعمال التجارية، والمرافق الصحية، والصناعة، والترفيه. خلال بداية القرن التاسع عشر، اعتمد مستقبل هذه المدن على بناء السدود والمنشآت التحويلية على طول نهر كولورادو. الماء هو الذهب السائل لهذه المجتمعات الصحراوية.



شكل ١٠,٩. يشكل سد هوفر بحيرة ميد.

(Photograph by Pamela McCreight. commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoover-Dam.jpg)

مدينة لاس فيغاس، نيفادا، على سبيل المثال، تتلقى أكثر قليلاً من ١٠ سم (٤ بوصة) من الأمطار سنويا، مما يجعلها واحدة من المدن الأكثر جفافا في الولايات المتحدة، فمن المفهوم أن نهر كولورادو بمثابة شريان الحياة للمجتمع بتلك المناطق. بحيرة ميد Mead ، الواقعة على نحو ٨٠ كيلومتراً (٥٠ ميلاً) من لاس فيغاس، توفر المياه عبر خط أنابيب إلى المدينة. تكون خزان بحيرة ميد من بناء سد هوفر Hoover (انظر الشكل ٩ ,١٠). ويقع خزان المياه خلف سد طوله ٢٢١ متراً (٧٢٦ قدماً) في بيئة صحراوية شاقة، والتبخر يؤثر سلبا على إمدادات المياه. لخدمة نمو المدينة وزيادة عدد سكانها، فقد وافق المواطنون في لاس فيغاس مؤخرا على سندات بقيمة ملياري دولار أمريكي لنقل ومعالجة إمدادات إضافية من المياه من بحيرة ميد. تدرس هيئة التخطيط بجنوب نيفادا مشروع خط أنابيب مياه كلفته ٥ مليارات دولار أمريكي، بطول ٥٥٥ كيلومتراً (٣٤٥ ميلاً) باتجاه الشمال إلى وسط نيفادا لسد احتياجات لاس فيغاس المستقبلية من المياه، ومع ذلك، يعارض بعض القائمين على الري والمقيمين في المناطق الريفية من الولاية "الاستيلاء على المياه" من قبل مدينة القمار في الجنوب، والبعض يسمي معركة المياه القادمة في ولاية نيفادا بأنها "المحاصيل مقابل الفضلات"، مشيرا إلى طاولات القمار في لاس فيغاس في منافسة مع المزارعين في شمال حدود المدينة.

الري Irrigation

توفر الخزانات المياه لـ ١٠٪ من الأراضي الزراعية المروية في الولايات المتحدة، وتعتمد الآلاف من فرص العمل، وتوفير الغذاء للآلاف، على هذه المصادر من المياه [١٤ .] هذا الوضع شائع في جميع أنحاء العالم، ومن نستعرض نظام نهر موراي دارلينج Murray-Darling كمثال على ذلك.

حوض نهر موراي دارلينج The Murray-Darling River Basin

يسود الري في حوض نهر موراي دارلينج في جنوب شرق أستراليا، ويحوي أكثر من ٧٠ ٪ أو ١,٥ مليون هكتار (٣,٦ مليون ايكر) من جميع المحاصيل المروية والمراعي في البلاد. يضم الحوض أنهار موراي، دارلينج، ومرمبدجي، (الثلاثة الأكبر في القارة)، المحاصيل المزروعة في المنطقة تشمل الفواكه، والعنب، والمكسرات، والبرسيم، والأرز، والقمح، والذرة، والقطن. بدأ الري في حوض موراي-دارلينج في ١٨٨٠، وبعد الجفاف بين عامي ١٨٩٥-١٩٠٢، وقعت الحكومات الأسترالية ومقاطعات نيو ساوث ويلز، وفيكتوريا، وجنوب أستراليا اتفاقية مياه نهر موراي لبناء عدد من السدود في المنطقة. في عام ١٩١٧، اجتمعت لجنة نهر موراي للمرة الأولى، وتأسست لجنة حوض نهر موراي دارلينج.



شكل ١٠,١٠. سد على نهر هيوم موراي في أستراليا.

(Photograph courtesy of Goulburn–Murray Rural Water Corporation at www.g-mwater.com.au/.../storages/Humedam)

لا يجري نهر موراي على مدار السنة في الحالة الطبيعية له، وفي الواقع، خلال فترات الجفاف، يصبح النهر سلسلة من الحفر المائية المالحة. في الجزء الجنوبي من الحوض تتداخل مياه البحر مع مياه النهر عند المصب في المحيط

الجنوبي في خليج إنكونتر Encounter، جنوب شرق مدينة أديليد. الانتهاء من سد هيوم Hume (انظر الشكل ١٠,١٠) في عام ١٩٣٦، سمح لنهر موراي الجريان بشكل مستمر. السد ذو ارتفاع ٥١ متراً (١٦٧ قدماً) ويخزن أكثر من ٣,١ مليار متر مكعب (٢,٥ مليون أيكر-قدم، أو ٨٠٠ مليار جالون). سمي خزان هيوم تكريما لهيوم هاملتون Hamilton Hume، أحد أوائل الأوروبيين الذي رأى وعبر نهر موراي في عام ١٨٢٤. السد ترابي، مع خرسانة أساسية ، ومغطى سطحه الخارجي بالخرسانة لتوفير الحماية من التعرية، بدون سد هيوم، فإن أعوام الجفاف من ٨-١٩٣٩، ٤-١٩٤٥، ٧-١٩٦٨، ٧-١٩٩٨، و ٢-٢٠٠٦ بالتأكيد كانت ستؤدي إلى جفاف نهر موراي في العديد من المواقع.

موظفو يقومون كل يوم "بتشغيل النهر" ويطلقون المياه من الخزانات لتلبية مطالب الري في جنوب أستراليا، ومع ذلك، فمن متطلبات الحد الأدنى لتدفق مجرى النهر، وسعة قناة النهر، وعناصر جودة المياه يجب أن تتحقق [١٥]. توفر اتفاقية حوض موراي دارلينج في عام ١٩٩٢ الإطار المؤسسي الحالي للإدارة وحماية الموارد المائية في المنطقة.

في عام ٢٠٠٤، اتخذت أول خطوة تاريخية لاستعادة التدفقات ومعالجة تدهور جودة نظام نهر موراي كجزء من مبادرة موراي المعيشية. يتطلب البرنامج حوالي ٥٠٠ مليون متر مكعب (٤٠٠ الف ايكر-قدم، أو ١٣٢ بليون جالون) من المياه سنويا ما يكفي لملء ميناء سيدني. بعد إبلاغ المجتمعات، واستشارتهم، ومشاركتهم قدم مجلس الحكومات الأسترالية (COAG) ، ٥٠٠ مليون دولار إسترالي. سوف تستخدم الأموال لاستعادة المياه للأغراض البيئية، وسيتناول الإفراط في تخصيص المياه في حوض نهر موراي دارلينج. سيقوم المجلس بشراء المياه من استحقاقات المزارعين وتطوير الاتفاقات التجارية المؤسسية للمياه، وسيتم شراء إمدادات المياه لمن يرغب في بيع استحقاقاته، وتحسين كفاءة استخدام المياه على مستوى المزرعة، وإدارة تدفق النهر بصورة أفضل. تشمل الخطط إنشاء عدد من الأعمال الهندسية، والغرض منها عدم وجود آثار سلبية اجتماعية، أو اقتصادية على المجتمعات القريبة من النهر، والهدف من ذلك استعادة نهر موراي إلى حالة بيئية جيدة [١٦].

مقالة من سارة بفيز Sara Beavis

د. سارة بيفيز) الشكل ١١ , ١٠) لديها خلفية علمية في الجيولوجيا الهندسية والهيدرولوجيا، وتقوم بالتدريس والبحث في كلية فينر Fenner للبيئة والمجتمع، وقسم الأرض وعلوم البحار، بالجامعة الوطنية الأسترالية، كانبيرا، أستراليا، وتتركز أبحاثها على تأثيرات الأنشطة البشرية على هيدرولوجيا حوض تجميع المياه، وحركة المياه/ المواد المذابة من خلال مواد الطبقة القاعية (الركيزة)، والخصائص الفيزيائية / الهندسية للتربة والثرى (الترب غير المتماسكة، غير المتجانسة التي تغطي الصخور الصلبة). وتقوم بتدريس المقررات الجامعية والدراسات العليا في الهيدرولوجيا، وإدارة الموارد المائية، وعلوم أرض البيئة الساحلية.



شكل ١٠,١١. سارة بفيز **Sara Beavis**

التجفيف، وتدهور الممر المائي: نظام موراي دارلينج، أستراليا

A drying, dying waterway: the Murray-Darling System, Australia

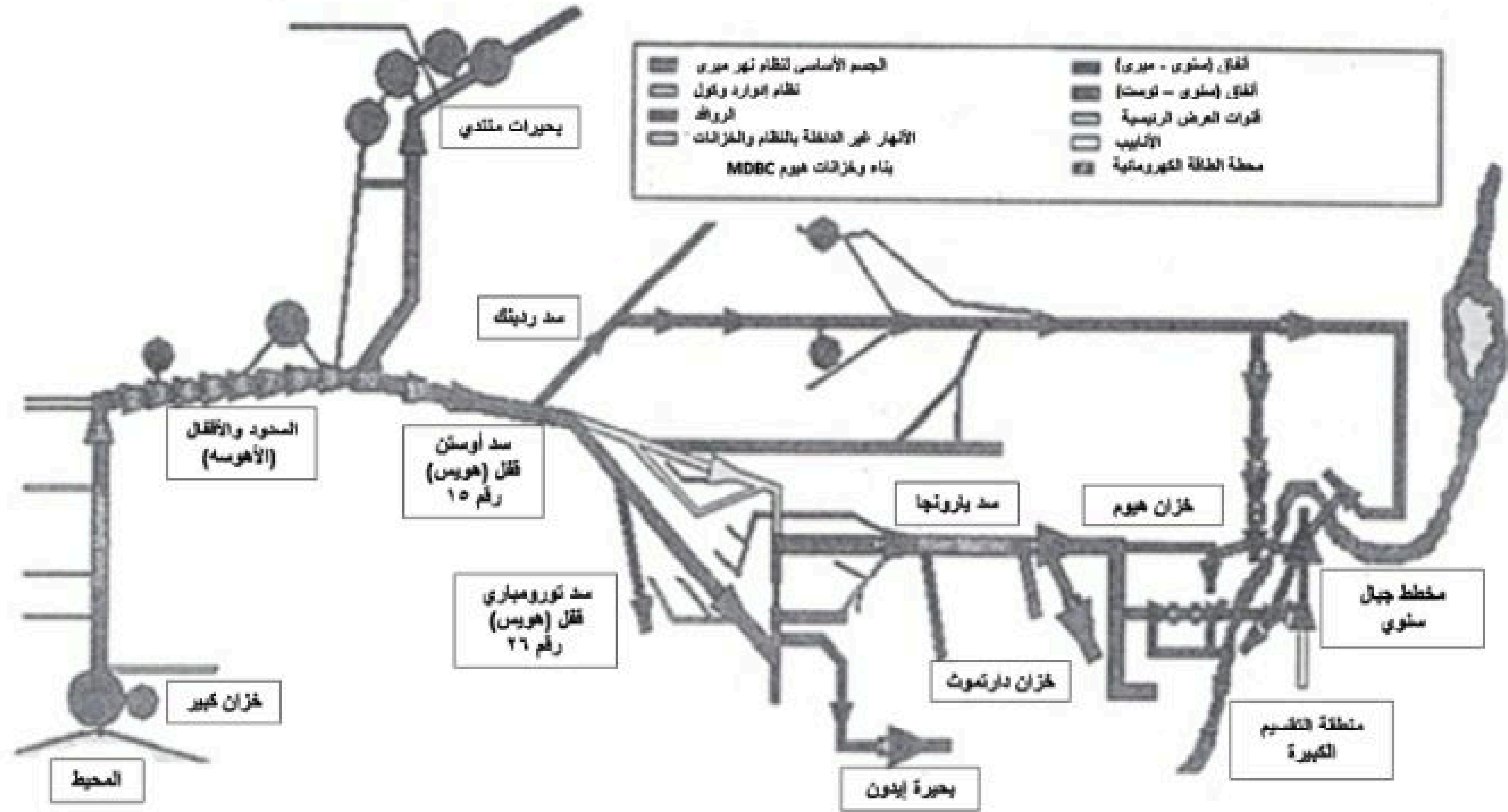
تعتبر أستراليا من أكثر الدول تفاوتا في سقوط الأمطار على مستوى العالم، مع تساقط سنوي يتراوح بين أكثر من ٣٠٠٠ ملم إلى أقل من ٢٠٠ ملم (١١٨ بوصة إلى < ٨ بوصة) سنويا على مناطق مختلفة مثل المناطق المدارية في الشمال والأراضي القاحلة في الوسط وتسمانيا المعتدلة، وعلاوة على ذلك، هناك تفاوت كبير زمني نتيجة لتذبذب النينو الجنوبي (ENSO)، الذي يفرض التقلبات الدورية في الأمطار الساقطة والتي تتميز بالفيضانات والجفاف العرضية، ونتيجة لهذا التباين المكاني والزماني، من حيث إدارة موارد المياه، فإن أستراليا لديها الكثير من الماء أو قليلا جدا منه في المكان والزمان غير المناسبين. للتخفيف من آثار ذلك، فقد حفظت نسبة كبيرة من موارد المياه السطحية في أستراليا في السدود والتحكم بها من خلال شبكات الأنهار الخاضعة للتنظيم، بحيث يمكن للمستخدمين مثل المزارعين التأكد من السلامة، والوثوق من إمدادات المياه.



شكل ١٠,١٢. موقع حوض موراي دارلينج والتوزيع المكاني لنظامي النهر الرئيسين.

حوض موراي دارلينج (الشكل ١٠,١٢) هو حوض الصرف الأكثر أهمية في أستراليا، من حيث تصريف المياه والإنتاجية. تغطي منطقة الصرف حوالي ١٤ ٪ من المساحة اليابسة في أستراليا، وتعطي ٤٠ ٪ من الناتج الزراعي في أستراليا، وتؤمن الماء لأربع ولايات وإقليم العاصمة الأسترالية. ما يقرب من ٧٠ ٪ من إجمالي المياه المستخدمة في الري في أستراليا تضاف إلى الأراضي الزراعية في الحوض، ويقدر قيمة المنتجات الزراعية من الحوض في العام ١٠ مليارات دولار إسترالي، حيث ٣ مليارات دولار أسترالي مستمدة من المزارع المروية [١٧]. على الرغم من أن ما يصل إلى الحوض من ماء سنويا يقدر بـ ٥٠٨ آلاف جيجا لتر/ سنة (٤١١,٨ مليون أيكر-قدم/ السنة، أو ١٣٤,٢ جالون/ السنة) من الأمطار، لكن ارتفاع الفقد نتيجة البخر-النتح أدى إلى انخفاض الجريان إلى الجداول المائية بالحوض إلى ٢٣٨٥٠ جيجا لتر/ السنة فقط (١٩,٣ مليون أيكر-قدم/ السنة، أو ٦,٣ ترليون/ السنة) [١٨] . الكثير من المياه المفقودة عن طريق التبخر (١١ ألف جيجا لتر/ السنة، أو ٨,٩ مليون أيكر/ قدم/ السنة، ٢,٩ ترليون جالون/ السنة) تحدث في السهول الفيضية واسعة النطاق، وأنظمة بحيرات السهول الفيضية، والأراضي الرطبة التي تميز النظام. تسقط معظم الأمطار في الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية للحوض، وبالتالي، البنية التحتية المعقدة موجودة لحجز المياه المتاحة وتنظيم الاستفادة منها لغرض حصدها في مكان آخر (الشكل ١٠,١٣). يتم تحويل بعض من المياه للري، أو اعتراضها وتخزينها في الخزانات الكبيرة وسدود المزارع الصغيرة، التي منها. يحدث المزيد من الفقد الكبير خلال التبخر. الحجم الكلي للمياه في

سدود التخزين الكبيرة يساوي ٢٥ ألف جيجا لتر (٢٠,٣ مليون أيكر-قدم، أو ٦,٦ ترليون جالون)، أي ما يعادل جريان سنة واحدة، وحجم ما تحفظ به السدود الصغيرة ~ ٢٢٠٠ جيجا لتر/ سنة (١,٨ مليون أيكر-قدم/ السنة، أو ٥٨١،٢ مليار جالون/ السنة) [١٩].



شكل ١٠,١٣. البنية التحتية وأبنية المراقبة والخزانات على الجزء السفلي من أنهار موراي دارلينج.

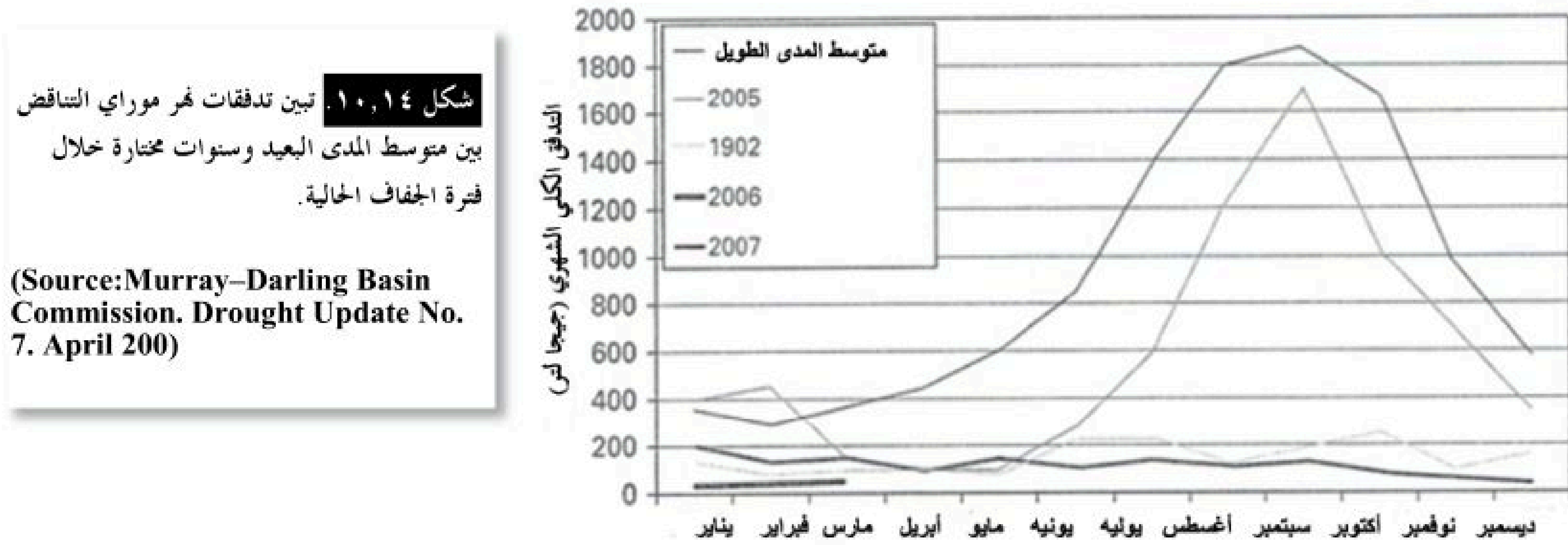
(Source: http://www2.mdbc.gov.au/river_murray/river_murray_system/images/ system-new_dec.GI)(

نتيجة لهذه الظروف المتعددة، فحصاد المياه في نظام نهر موراي دارلينج منخفض نسبيا (كوسيلة للمقارنة، فإن تصريفه السنوي أقل من تصريف المعدل اليومي لنهر الأمازون). متوسط الجريان من الحوض إلى البحر(المحيط الجنوبي) يساوي بالتقريب ٢٧ ٪ من تلك التي تحدث في ظل نظام الجريان الطبيعي، والمتوسطات الصغرى تصل لنهر موراي إلى مستويات شديدة الجفاف من الجريان المنخفض في أكثر من ٦٠ ٪ من السنة، مقابل٥ ٪ من السنوات ما قبل التنمية بالمنطقة، وبالإضافة إلى هذه التعديلات في حجم التدفقات بسبب التنظيم والاستهلاك، عكس التخزين بعد السد وكذلك السيطرة على المياه للمزارعين على نظام التدفق بحيث إن أقصى تدفق من التدفقات لم تعد تحدث في الربيع والشتاء، ولكن خلال الصيف، نتيجة لهذه التغييرات لنظام التدفق، فلقد تم تعديل دورات الترطيب والتجفيف بالأراضي الرطبة وزيادة الملوحة، وزادت وتيرة تكاثر الطحالب أيضا استجابة لفترات التدفق المنخفض عندما تكون الظروف مثالية للتشبع الغذائي eutrophication . هذه التغييرات أثرت تأثيرات عميقة على كافة الكائنات الحية النهرية وبالسهول الفيضية، وبالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض جودة المياه هي قضية خطيرة بالنسبة للمستخدمين في نهاية النظام، بما في ذلك سكان مدينة أديلايد في جنوب أستراليا، حيث تركيزات الملوحة بالمياه عالية نسبيا.

جدول ١٠,١. التدفق السنوي لنهر موراي (MDBC. 2007)

الدورة	التدفق الكلي السنوي (جيجا لتر)
متوسط طويل المدى	١١٤٢٠
٥٤٠٠	١٨٩٥ – ١٩٠٤ جفاف
٦٣٠٠	١٩٣٨ – ١٩٤٢ جفاف
٤١٥٠	٢٠٠١ – ٢٠٠٧ جفاف
< ١٠٠٠	٢٠٠٦ – ٢٠٠٧ تنبأ

Source: Murray–Darling Basin Commission, Drought Update No. 7, April 2007.



شكل ١٠,١٤. تبين تدفقات نهر موراي التناقص بين متوسط المدى البعيد وسنوات مختارة خلال فترة الجفاف الحالية.

(Source:Murray–Darling Basin Commission. Drought Update No. 7. April 200)

في عام ١٩٢٠، بلغ مجموع التحويلات المائية السنوية من نظام موراي دارلينج ٢١٠٠ جيجا لتر/ سنة (١,٧ مليون ايكر-قدم، أو ٥٥٥ مليار جالون/ السنة)، ولكن زاد إلى ١٠٧٨٩ جيجا لتر/ السنة (٨,٧ مليون ايكر-قدم/ السنة، أو ٢,٩ ترليون/ السنة) في عام ١٩٩٤، بنسبة ٧,٩ ٪ زيادة في استهلاك المياه بين عامي ١٩٨٨ و١٩٩٤. هذا النمط من النمو دفع صناع القرار لتحقيق هذا التوسع غير المقيد من التحويل والاستهلاك في الحوض لدعم النمو الاقتصادي، وهو يأتي بتكاليف بيئية عالية. قاد هذا الوضع إلى مجموعة من الإصلاحات بالمياه بما في ذلك إطار إصلاح المياه في عام ١٩٩٤ بمجلس الحكومات الاسترالية (COAG) . عمل سقف التحويل من حوض موراي دارلينج في عام ١٩٩٥، على الحد من الاستخدامات الاستهلاكية لتصل إلى مستويات عام ١٩٩٤ . عملية تقاسم المياه عبر خمس ولايات قضائية (كوينزلاند، ونيو ساوث ويلز، إقليم العاصمة

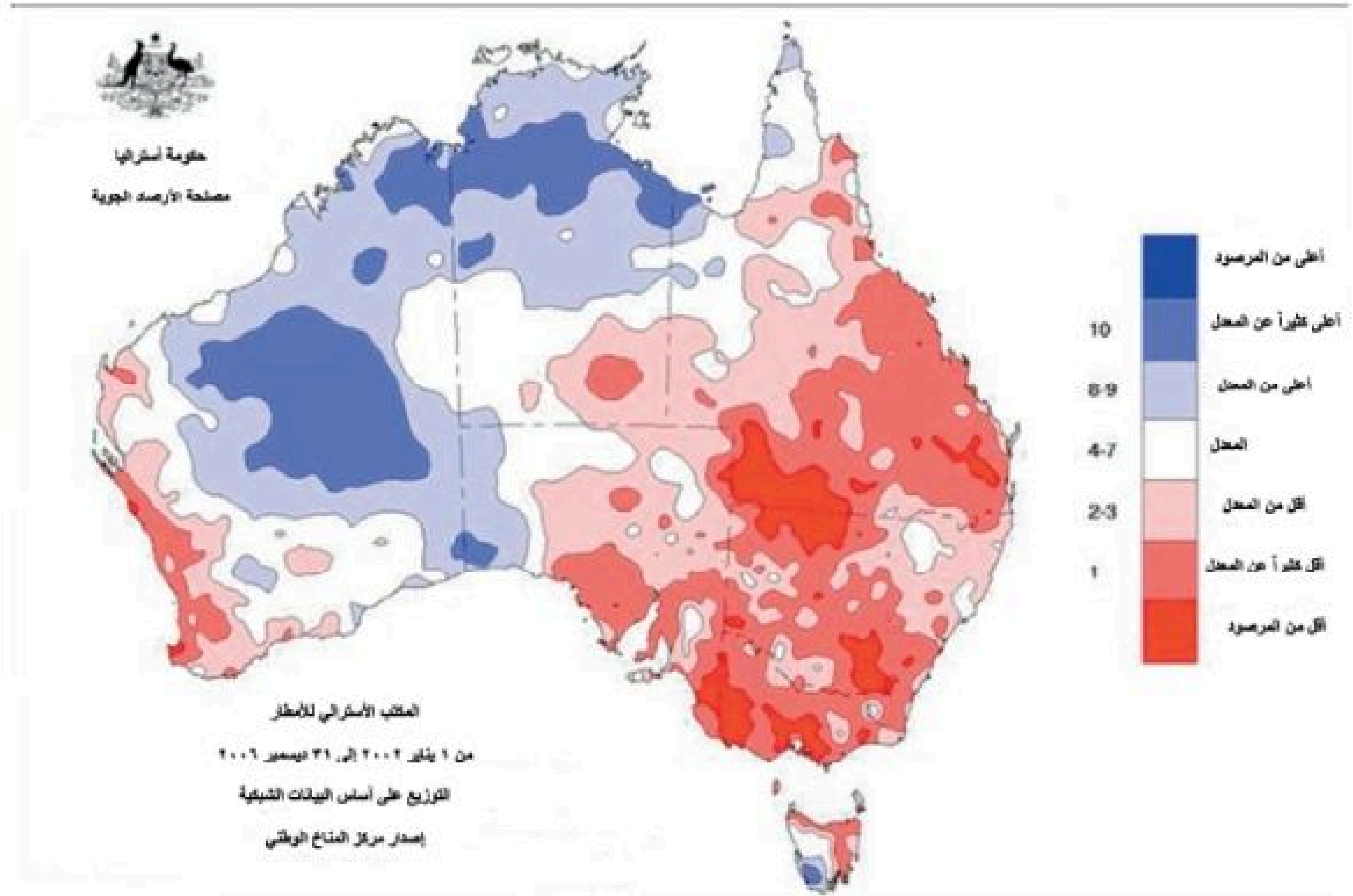
الأسترالية، فيكتوريا، وجنوب أستراليا) الناشئة عن هذه السياسات قلصت النمو في الاستخدامات الاستهلاكية، ولكن الضغوط على الموارد المائية في الحوض واصلت في الزيادة بسبب الجفاف.

شهد حوض موراي دارلينج الجفاف لفترات طويلة منذ عام ٢٠٠١، مع تدفقات قياسية مسجلة لنهر موراي (الجدول ١٠,١ والشكل ١٠,١٤) ومستويات التخزين لبعض السدود في الحوض إلى < ١٠٪ من القدرة التخزينية وعلى مقربة من الحد الأدنى لمستويات التشغيل]٢٠[.توزيع الجفاف في جميع أنحاء المنطقة موضح في الشكل(١٠,١٥ .(ويمكن مقارنة الجفاف منذ ٢٠٠١مع أحداث الجفاف الكبرى الطويلة من ١٨٩٥-١٩٠٣ و١٩٣٨-١٩٤٥، علما بأن عام ٢٠٠٦ يعتبر الأكثر جفافا على الإطلاق بالنسبة لمعظم أجزاء الحوض. لقد أوجدت هذه الظروف المخاوف بشأن قدرة النظام لتلبية الاحتياجات المائية في المستقبل، وخاصة في موسم الري القادم. أصبح الري أكثر اعتمادا على تدفقات الأمطار والجريان السطحي منذ الانتهاء عام ١٩٧٩، من بناء سد دارتموث Dartmouth في المناطق العليا من حوض تجميع نهر موراي. بافتراض انخفاض التدفق في ٢٠٠٨-٧ ، فإنه يمكن تلبية المتطلبات الأساسية للبشر، والماشية، والمتطلبات المحلية، ولكن هذا سيتوقف على فرض القيود القوية على المياه لضمان إمدادات المياه إلى المدن، ولا سيما أديليد Adelaide، عاصمة جنوب أستراليا.

خطط الطوارئ الموضوعة من قبل الحكومة الأسترالية [٢١] التي تتعلق بضبط عمليات مياه النهر بما في ذلك:

- الهدف في نهاية الموسم وجود الاحتياطيات في بحيرة فيكتوريا (تخزين المياه الذي تم تصميمه في ١٩٢٠ لتوفير إمدادات من المياه موثوق بها للمنطقة السفلى من حوض موراي في جنوب أستراليا، والتخفيف من الفيضانات المدمرة).
- الحد الأدنى من التدفقات.
- إيجاد احتياطيات لمدينة أديليد من خلال ضخ المياه من نهر موراي إلى خزانات مياه الإمدادت الحضرية.
- حجز بعض الأراضي الرطبة الدائمة المختارة التي تغمر بشكل مصطنع في ظل الظروف "الطبيعية".

وقد وضعت خطط طوارئ إضافية للمدن في حالة الخطر لتنفيذها إذا لزم الأمر، بما في ذلك الاستخدام القليل جدا للمياه.



شكل ١٠,١٥. هطول الأمطار الأسترالية العشرية في عام ٢٠٠٦ الشديدة الجفاف

(Source: Australian Bureau of Meteorology. 2007)

كانت الظروف خطيرة بحلول ابريل ٢٠٠٧ بحيث أن المخططين وصناع القرار قرروا بأنه من غير الممكن استخدام المياه لأي شيء آخر غير الطلب لتلبية الاحتياجات البشرية والماشية في "بدء الوضع الطبيعي" لموسم الري. تصدر هذا الخبر عناوين الصحف في جميع أنحاء البلاد على الرغم من بداية الأمطار بعد نهاية النينو وبداية ظروف مستقرة ، مما أثار بعض التوقعات لمستخدمي المياه بحلول يونيو حزيران ٢٠٠٧، مع سقوط الأمطار في جميع أنحاء حوض تجميع المياه العلوي حيث وصل إلى "المعدلات الطبيعية". وضعت حكومات الولايات اللمسات الأخيرة على الترتيبات للسماح بكميات محدودة من المياه لتكون متاحة للمزارعين، ومع ذلك، فإن سقوط الأمطار الغزيرة والمستمرة ضرورية لترطيب الحوض وحصول الجريان السطحي إلى النهر، كما تشير التقديرات إلى أنه حتى في ظل ظروف الرطوبة الجيدة (احتمالية > ١٥ ٪)، فإن الأمر سيستغرق عدة سنوات لعودة الخزانات والمستودعات الأخرى إلى مستويات المتوسط طويل الأجل.

وقد أسفرت شدة وطول الجفاف في التخطيط الحذر على الرغم من بداية سقوط الأمطار، فخطط الطوارئ للتدفق الجاف لحوض موراي دارلينج متواصلة، وهذا يعني أنه حتى عندما يتم تحديد مخصصات المياه في بداية موسم الري، فإن سلطات الولايات والأقاليم ستراجع مدى توفر المياه الشهرية، وسوف تتاح المعلومات للمزارعين ومربي الماشية للسماح للتخطيط والإدارة السليمة، وقد وافقت الولايات على خطط لتقاسم المياه المؤقتة زيادة على المخصص في الظروف الصعبة، حتى الوصول إلى ترتيبات تقاسم المياه بموجب اتفاق حوض موراي دارلينج [٢٢].

ضمن هذه الترتيبات، ستقوم ولاية جنوب أستراليا بإعطاء بعض من مياهها إلى ولايتي فيكتوريا ونيو ساوث ويلز في وقت مبكر من موسم الري عندما تتحسن الظروف، كما كان متوقعا، فإن فيكتوريا ونيو ساوث ويلز تعطيان الماء لجنوب أستراليا تقديراً لمساهماتها في وقت سابق. لقد وضعت خطط طوارئ للمدن، وتتطور مع تغير الظروف.

وأثارت موجة الجفاف الحالية بعض الأسئلة الأساسية حول توافر المياه والإمدادات في الحوض، وأظهرت ضعف ومرونة هذا النظام، وليس فقط مع التقلبات المناخية ولكن أيضا لتغير المناخ. تناقش خطط الطوارئ القضايا الفورية لندرة المياه والإمدادات، وعلى المدى الطويل نهج الاستخدام المستدام وإدارة المياه والتنمية، وهذه تشمل البحوث (على سبيل المثال، أنواع المحاصيل التي تتحمل الجفاف والنمذجة المكانية من أجل الزراعة المستدامة)، وتطبيق كفاءة استخدام المياه في جميع نواحي الري وغيرها من الصناعات، والترتيبات المؤسسية مثل حزم مرنة لمعالجة ندرة المياه. نظراً لارتفاع القيم الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في حوض موراي دارلينج، يعترف المخططون وصناع القرار بأهمية استخدام الدروس المستفادة من موجة الجفاف الحالية للتخفيف من آثار الأحداث المناخية المتطرفة في المستقبل والتغييرات الكبيرة في تغير المناخ، ومع ذلك، هناك مخاوف من قبل مختلف القطاعات، بما في ذلك مجتمعات الحوض، بأن أدوات وإستراتيجيات تقاسم المياه لن تلبي جميع المتطلبات الزائدة في الحوض الذي يعاني من الضغوط المعقدة البيوفيزيائية والاقتصادية.

توليد الطاقة Power Generation

تؤدي الطاقة دوراً مهماً في التنمية الاجتماعية والاقتصادية لأي بلد. في القرون الماضية، شيدت السدود الصغيرة (وتسمى سدود الطاحونة) عبر الأنهار والجداول لتحويل المياه إلى المجاري المائية لتدوير النواعير والمطاحن. في العصر الحديث، تواصل الطاقة المائية في توفير مصادر رخيصة ونظيفة ومتجددة للطاقة، وبالإضافة إلى ذلك، توفر الطاقة المائية الطاقة بذروتها (الطاقة اللازمة خلال فترات ارتفاع الاستخدام اليومي أو الموسمي) التي خلاف ذلك قد تقدمها توربينات الغاز، أو أنواع الوقود الأحفوري الأخرى. كندا هي أكبر منتج للطاقة المائية في العالم، تليها الولايات المتحدة. تنتج السدود أكثر من ١٠٣٨٠٠ ميغاواط من الطاقة المتجددة، وهو يمثل ما يقارب ٢٠ ٪ من جميع الطاقة الكهربائية في العالم، تعتبر الطاقة المائية طاقة نظيفة؛ لأنها لا تسبب تلوث الهواء، والأمطار الحمضية، واستنفاد طبقة الأوزون، أو تسهم في ارتفاع درجة الحرارة عالميا [١٢].

مثال على تنمية الطاقة المائية هو في سد إيتايبو Itaipu، الذي يقع على الحدود بين البرازيل وباراغواي في أمريكا الجنوبية، غيَّر السد مجرى سابع أكبر نهر في العالم وهو نهر بارانا .Parana وهو سد مجوف من نوع سدود الجاذبية يقع بالقرب من شلالات إيجاسو Iguassu ، ويحتوي على أكبر محطة للطاقة المائية فى العالم، بدأ بناء السد في عام ١٩٧٠، واكتمل في عام ١٩٩١ بتكلفة قدرها ١٨ مليار دولار.

شيد سد إيتايبو في المقام الأول لأغراض الري والاستخدامات الصناعية، ومع ذلك، فإنه يوفر أيضا ٢٥٪ من الطاقة المستخدمة في البرازيل، و ٧٨ ٪ من الطلب على الطاقة الكهربائية في باراغواي (وهي كافية لتزويد معظم ولاية كاليفورنيا). محطة الطاقة هي أيضا نقطة جذب سياحية رئيسية في المنطقة، حيث يزورها أكثر من ٩ ملايين زائر من مختلف أنحاء العالم، خلال البناء تم نقل ما يقرب من ١٠ آلاف أسرة عندما غمرت ١٣٥٠ كيلومتر مربع (٥٢٠ ميلاً مربعاً) من الخزان. إرتفاع السد ١٩٦ متراً (٦٤٣ قدماً)، أي ما يعادل مبنى بارتفاع ٥٠ دوراً، وعمل حوالي ٤٠ ألف شخص على مشروع البناء في ذروته [٢٤].

الملاحة الداخلية Inland navigation

توفر السدود وأنظمة الحجز على الأنهار شبكات نقل أكثر استقراراً لحركة النقل النهري الداخلية لنقل الحبوب، والفحم، والحصى، وغيرها من المواد. توفر أنظمة النقل تدفقات نهرية أكثر استقراراً لتوليد منافع اقتصادية كبيرة وطنية، فضلاً عن خيارات للمستهلكين لنقل السلع مثل الحبوب، والمعادن، وغيرها من البنود.

سلطة وادي تينيسي Tennessee Valley Authority

تم إنشاء هيئة وادي تينيسي (TVA) بموجب قانون صادر عن الكونغرس الأميركي في عام ١٩٣٣ لتطوير السدود على طول نهر تينيسي. كانت أغراض إنشاء السد السيطرة على الفيضانات، والملاحة، والطاقة المائية، وتحسين المستوى الاجتماعي والاقتصادي لسكان الجنوب الشرقي من الولايات المتحدة، وقد خلق نظام TVA من السدود والحواجز نهراً صالحاً للملاحة بين نوكسفيل بولاية تنيسي، وبادوكا، بولاية كنتاكي، بمسافة طولها ١٠٤٩ كم (٦٥٢ ميل). حيث إن التغيير في مستوى الارتفاع عن سطح البحر أكثر من ١٥٠ متراً (٥٠٠ قدم)، ووجود تسعة حواجز وسدود كانت ضرورية للسماح للزوارق "بالمرور" صعوداً وهبوطاً في سلسلة من المياه الجارية الهادئة والمجمعة وراء السدود التسعة. النشاط الصناعي واسع النطاق على طول النهر، مع خفض تكاليف النقل على ضفاف النهر بشبكة النقل. اليوم، يتم نقل أكثر من ٣٨ ألف من بوارج نقل البضائع (الفحم،

والحجر، والرمل، والحصي، والحبوب، والمواد الكيميائية، والحديد والصلب، والمنتجات الحجريه) صعودا وهبوطاً في نهر تينيسي سنوياً.، تشير التقديرات إلى أن تكاليف النقل خفضت بأكثر من ٥٠٠ مليون دولار أمريكي سنويا عندما يتم شحن البضائع من قبل بوارج النهر بدلاً من الشاحنات، أو السكك الحديدية [٢٥].



شكل ١٠,١٧. بحيرة Tsukui في كاناغاوا، اليابان، هو مكان جميل للاستجمام.

(Photograph courtesy of Wikipedia Commons)

الترفيه Recreation

توفر السدود فرص الترفيه على المياه المستوية لراكبي القوراب، والمتزلجين، والسباحين، والصيادين. توجد في مناطق السدود أماكن للتخييم، والنزهة، وفرص مشاهدة الحياة البرية، فضلاً عن مرافق إطلاق القوارب، الترفيه، والفوائد الصحية المرتبطة بها مهمة جدا حيث إن الناس في أكثر البلدان نمواً يرغبو في الحياة المستقرة. الإجهاد العقلي هو أيضا مصدر قلق للمجتمع الحديث، والترفيه الخارجي الذي توفره الخزانات والبحيرات يعدُّ منفذاً مهماً للملايين، والفوائد الاقتصادية لهذه الأنشطة، وما يرتبط بها من خفض التكاليف الصحية هائلة. الشكل (١٦ , ١٠) لبحيرة تسيكي Tsukui في كاناغاوا Kanagawa، اليابان.

في اليابان، كما هو الحال في معظم البلدان الأخرى، تعتبر الخزانات مصدراً حيوياً لإمدادات المياه لأغراض الري والصناعة والاستخدامات المنزلية، وتوليد الطاقة المائية، ومع ذلك، فإن استخدامات مياه الخزانات خلف السدود للسياحة والترفيه في غاية الأهمية، وقد وضعت وزارة البيئة اليابانية برامج لتشجيع المزيد من مواطنيها للاستفادة من الخزانات لأغراض الترفيه والصحة، وذكرت الوزارة أن الناس يشعرون بالراحة حول المياه، ويشجع على استخدام شواطئ البحيرات للمشي والأنشطة الرياضية مثل ركوب الزوارق وصيد الأسماك. يشارك عشرات الملايين في الأنشطة الترفيهية المرتبطة بالمياه كل عام في اليابان. يقوم طلاب المدارس بزراعة نبات الشوفان البري كعلف لطيور البجع وغيرها من الطيور المائية في الخزانات والبحيرات، ومجموعات أخرى من الطلاب تنظم مهرجانات مياه البحيرة، وجمع القمامة، وبقايا الأشجار والنباتات، وعقد ندوات المواطن، وإجراء الدراسات ومشاهدة الطبيعة، وإجراء الملاحظات على البحيرة باستخدام الزوارق، هذا بالإضافة إلى استخدام القوارب الترفيهية، وصيد الأسماك، وغيرها من الأنشطة الرياضية المائية التي تروج لها وزارة البيئة في اليابان.

تأثيرات السدود والخزانات Impacts of dams and reservoirs

على الرغم من أن الأنهار هدية من الطبيعة، فإن البشر يقومون بتغيير موقع وتدفقات هذه الأنظمة لخدمة أفضل للاحتياجات الحضارية، وخلال العصر الحديث. أصبحت احتياجات المياه أكثر تعارضا مع احتياجات العالم الطبيعية، والتحدي الذي يواجه المجتمع الحديث هو الاستمرار في تلبية احتياجات الإنسان المائية مع حماية البيئة، وأيضا لا توجد حلول سهلة، ولا يزال الناس في جميع أنحاء العالم يناقشون الحاجة إلى السدود الجديدة والقائمة والخزانات.

قد تكون بعض التغييرات جيدة، أو سيئة سواء في الطبيعة، أو الحياة، وقد تحدث هذه التغيرات عواقب غير مقصودة، بحيث إن مصطلح "قانون العواقب غير المقصودة" أصبح عبارة مستخدمة بشكل شائع، إنها بالكاد قانون علمي، ولكنها تعرب عن المشاكل بمحاولة استباق كل ما يمكن أن يحدث عندما يتم اتخاذ إجراء ما. تأثيرات السدود والخزانات على جودة المياه ومآوي الحياة البرية يقع ضمن هذه الفئة.

تساعد المياه الخارجة من الخزانات والبحيرات في تخفيف تركيز المواد الذائبة خلال فترات التدفق المنخفض، وهذا يساعد في الحفاظ على بعض جوانب جودة المياه، وضمن الحدود الآمنة، للحياة البرية المائية والبشر، ومع ذلك، فإن المياه الخارجة من الخزانات عادة منخفضة في الأكسجين الذائب، ويمكن أن تشكّل بيئة

مائية غير صحية عند المصب، من ناحية أخرى. توفر السدود بعض الحماية البيئة من خلال الإبقاء على الرواسب الضارة (مثل المبيدات الحشرية والمواد المغذية) خلف السد، في الواقع. يمكن للرواسب التي تترسب في الخزانات أن تدفن وتعزل بعض المواد السامة من السلسلة الغذائية فهذه نتيجة جيدة. التحذير هنا هو أن المياه الخارجة من الخزانات يمكن أن تضر بالأنواع المائية في المصب بسبب انخفاض مستويات الأوكسجين في الماء، أو بأنخفاض أو ارتفاع درجة حرارة الماء. التغيرات الكيميائية والحرارية، والفيزيائية الناجمة عن السدود والخزانات في كل من المنبع والمصب يمكن أن تكون كبيرة. تحتوي الأنهار في حالتها الطبيعية على دورة عادية للتقلبات. المجتمعات النباتية والحيوانية التي تستخدم الأنهار والمآوي النهرية تطورت مع أنماط النهر من الفيضانات والجفاف، وتفاوت درجات حرارة المياه، والتيارات المائية البطيئة والسريعة. تغير السدود الدورات العادية للاضطراب في حركة المياه، ويمكن أن تغير البيئة لنظام النهر. طورت العديد من الأنواع الحياتية دورات التكاثر للتوافق مع مواسم الفيضان السنوي، وبالنسبة للبعض توفر مياه الفيضانات المواد الغذائية الضرورية ومنسوب المياه المناسب لتعزيز بقاء النسل، ويمكن أن توفر مناطق الفيضانات مناطق رجوع المياه الضحلة وهي مناسبة للحيوانات الصغيرة للاختفاء والحماية من الحيوانات المفترسة. الخفض أو الحد من تدفقات الفيضانات يمكن أن يخفض الإمدادات الغذائية اللازمة، أو يمكن أيضا أن يغير درجة حرارة المياه إلى مدى لا تتحمله الحيوانات الصغيرة.

الرواسب Sediments

توجد النظم البيئية المائية المتحركة Lotic على طول الأنهار والجداول، وفقدت هذه النظم عندما تم إنشاء السدود وغمرت المواقع بالمياه. ينشئ بناء الخزانات النظم البيئية المائية الراكدة lentic ، وعادة ما توفر المآوي لمجموعة أصغر بكثير من الأنواع الحياتية السابقة. المياه الراكدة، أو بطيئة الحركة تسمح للرواسب العالقة بأن تترسب وتتراكم في الجزء السفلي من الخزانات. يمكن لكميات الطمي الممسوكة والمتراكمة خلف السدود أن تضر، أو تدمر أماكن تكاثر الأسماك. مياه الفيضانات المحجوزة لم تعد توفر الرواسب الخصبة إلى مناطق السهول الفيضية المجاورة.

إطلاق المياه من خلال السد يكون أكثر وضوحا ونظافة، وسوف تحمل المياه رواسب ومواد غذائية أقل من المياه الواردة سابقا في تدفقات الأنهار الأصلية قبل وجود السد، وهذا قد يبدو وكأنه عملية جيدة، ولكن المياه المنطلقة من الخزان هي "على استعداد" لحمل الرواسب، هذه العملية يمكن أن تزيل الرواسب والمواد الغذائية

المهمة عند مصب المجرى المائي، وتدمير المآوي المائية التي كانت تستخدم سابقا من قبل الكائنات الحية التي تتكيف مع ارتفاع وانخفاض منسوب المياه في النظم النهرية.

التغييرات في مورفولوجية مصب النهر قد تشمل المواد القاعية غير العضوية (الحصي والحجارة) وبصورة أقل المواد العضوية (المخلفات، بما في ذلك الأخشاب المتحللة). يعني وضوح مياه النهر أن رواسب قليلة ستكون متاحة لملء الفراغات المسامية بين الرمال والحصى، والمواد القاعية الأخرى (المواد أسفل النهر). مع مرور الوقت، فإن مصب نهر لسد ما يميل إلى أن يصبح أعمق وأضيق، مهما يقلل من تنوع الحياة النباتية والحيوانية التي يمكن دعمها.

الطاقة العالية، والمفاجئة، والمياه الخارجة من السد بقوة، أحيانا بسبب إطلاق المياه بقوة من خزان المياه ستدفق الرواسب مع المياه، كما أن النباتات المائية والحطام الورقي والخشبي هو يندفع إلى المصب. يتم فقدان هذه المكونات من المآوي، وكثير من الأحيان. ما يتبقى في قاع النهر الصخور الكبيرة فقط. نظام السدود "يفرغ" قاع النهر من الرواسب والمواد العضوية الأخرى ويبقي على الصخور الكبيرة، التي ليست مناسبة كمأوى للعديد من النباتات والأسماك واللافقاريات القاعية الصغيرة. لافقاريات القاعية الصغيرة للمياه العذبة هي الحيوانات دون العمود الفقرى التي تكون أكبر من ٥ , ٠ ملم – بحجم نقطة قلم رصاص، تعيش هذه اللافقاريات على الصخور وجذوع الأشجار والرواسب والحطام، والنباتات المائية خلال بعض الفترات من حياتها، ويمكن أن تشمل القشريات مثل جراد البحر، والرخويات مثل المحار والقواقع، والديدان المائية والأشكال غير الناضجة من الحشرات المائية مثل حوريات الذبابة الصخرية وذبابة مايو[٢٦].

على سبيل المثال، فقد الرواسب يسبب مشكلة على طول نهر إيبرو Ebro وروافده في إسبانيا. هناك ١٨٧ سداً على طول مجراه لحجز حوالي ٩٩ ٪ من جميع الرواسب النهرية التي من شأنها أن تتدفق عادة صوب نقطة ومنطقة دلتا المصب، منتزه دلتا إبرو الوطني، وهناك مشكلة مماثلة موجودة في مصر، حيث السدود على طول نهر النيل تحجز حوالي ٩٨ ٪ من المواد العالقة، للأسف، ليس هناك طريقة آمنة أو اقتصادية لإزالة كميات هائلة من الرواسب من وراء الخزانات، حيث يتم ترسيب كميات كبيرة من الطمي وغيره من المواد، وحتى لو أمكن إزالة المواد، كيف يمكن منع اثارة هذه الرواسب بقاع الخزان، أو البحيرة (عند إزالتها) من عدم تدمير الحياة الموجودة ضمن الخزان؟

حجز المواد الغذائية Nutrient capture

تحجز السدود العناصر الغذائية المهمة وهي جزء من الحطام بالمياه المتدفقة، وتوفر الأوراق، والأغصان، والفروع، والأشجار الكاملة للكائنات الحية بما في ذلك الأسماك - الطعام من أجل البقاء. هذه المواد الغنية بالكربون تغذي الكائنات في قاعدة السلسلة الغذائية، وبالإضافة إلى ذلك، فالحطام يوفر مخابئ مهمة لحياة الكائنات المختلفة مثل العوالق النباتية، والكائنات الدقيقة، والأسماك. يمكن للسدود أن تحجز جزءاً كبيراً من هذه المواد، وحرمان المستخدمين في المصب، وخاصة للمستوى السفلي من الشبكة الغذائية، ويمكن لفقدان اللافقاريات في المياه العذبة القاعية تجويع الأنواع الكبيرة، وفي نهاية المطاف سوف يقلل أعداد تلك الكائنات الحية.

درجة حرارة المياه Water temperature

التأثير الآخر للسدود والخزانات والبحيرات هو على درجة حرارة الماء، وعادةً ما تكون الأنهار متجانسة في درجة حرارة الماء، ولكن الخزانات والبحيرات طبقية دافئة بالأعلى وباردة في الأسفل خلال أشهر الصيف، والعكس يحدث خلال فصل الشتاء (انظر المناقشة في الفصل السابع فيما يتعلق بتقلبات البحيرة). عادة ما يتم إطلاق مياه السد من أسفله (موقع نموذجي لإطلاق الماء من السد). هذا الجزء من الماء بارد في فصل الصيف مقارنة بمياه النهر عند المصب، ويمكن أن تخلق صدمة حرارية لبعض أنواع الكائنات الحية، على سبيل المثال، الذبابة الصخرية (Plecoptera) بمعنى الشعور ببرودة مياه النهر قد يؤخر طور التحول metamorphosis (تغيير في الشكل، اعتبارا من الحورية إلى الضفدع). وهذا يمكن أن يغير من طور الحياة ويؤدي إلى العيش في طور معين خلال فصل الشتاء وليس في فصل الخريف.

تختلف درجات الحرارة قبل السد على نهر كولورادو في وادي جلين Glen في شمال ولاية أريزونا، على سبيل المثال، من حوالي ٢٧° م (٨١° ف) في الصيف إلى نحو التجمد في فصل الشتاء، ومع ذلك، بعد إنشاء سد وادي جلين، فإن درجة الحرارة في مياه الخزان العميق - بعمق ٧٠ متراً (٢٣٠ قدماً) تحت سطح الخزان - بشكل ثابت تقريبا عند حوالي ٨° م (٤٦° ف). سببت درجة حرارة المياه هذه مشاكل حادة لتكاثر الأسماك المحلية على مسافة أكثر من ٤٠٠ كيلومترا (٢٥٠ ميلاً) من السد بالجدول المائي [٢٧]. من ناحية أخرى، قد ترتفع درجات حرارة المياه وتصبح أكثر دفئاً على سطح الخزان، ملحقة أضراراً بالأنواع المائية.



شكل ١٠,١٧. بحيرة أونونداجا بالقرب من سيراكيوز، نيويورك، الولايات المتحدة، هي بحيرة جميلة، ولكن أيضا تعتبر واحدة من أكثر البحيرات تلوثا في الولايات المتحدة، ويرجع ذلك أساسا إلى التلوث الصناعي والصرف الصحي.

(Photograph by "Hotshotfox" athttp://en.wikipedia.org/wiki/File: Onondaga_lake_skyline.jpg)

الزئبق Mercury

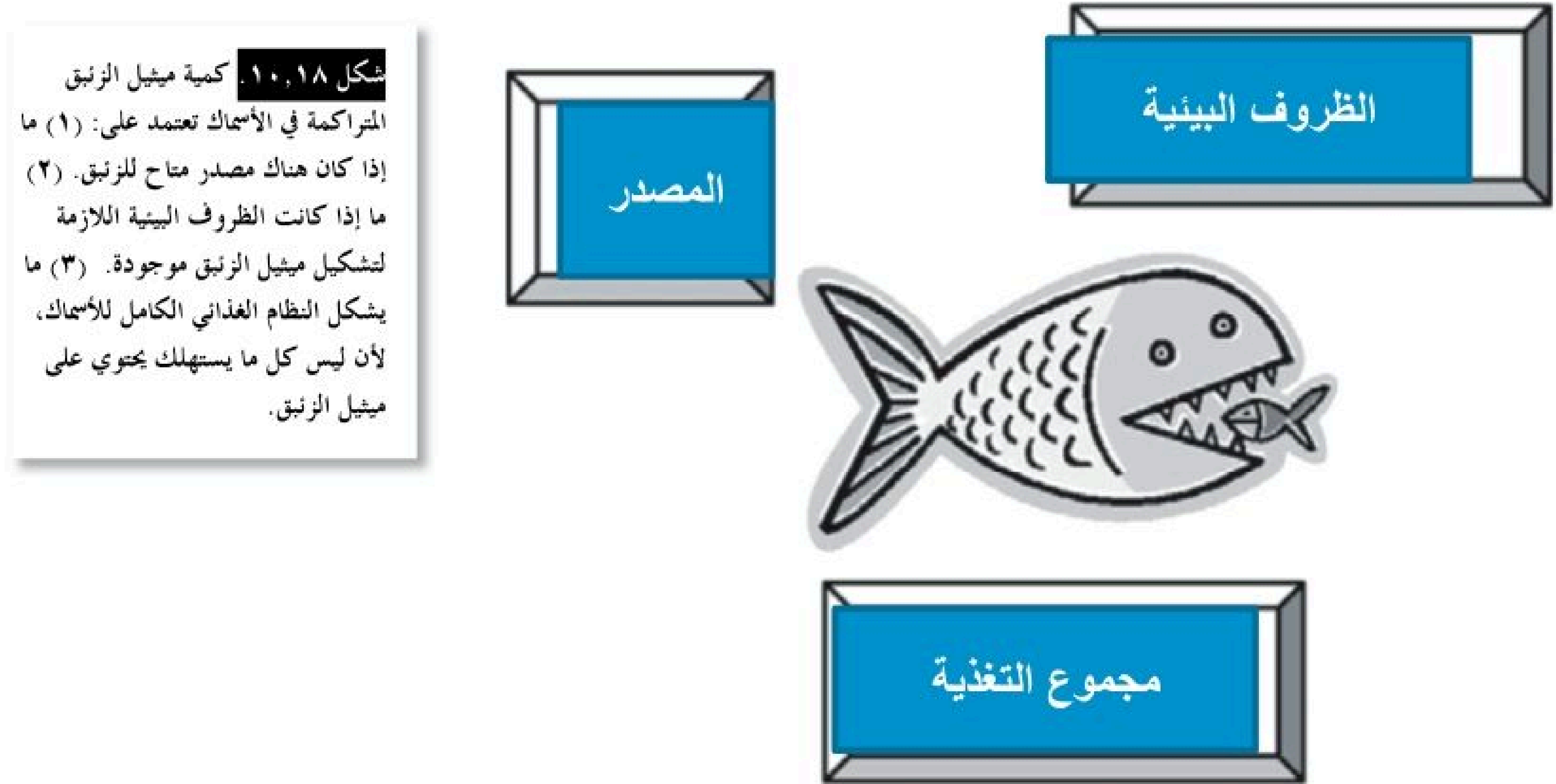
ظهرت قضية التلوث بالزئبق في أسماك المياه العذبة على نطاق واسع، وأصبحت أكثر انتشاراً في السنوات الأخيرة. أوجدت السدود مسطحات مائية كبيرة تغمر مساحات واسعة من الغطاء النباتي. تحلل المواد النباتية في قاع خزان المياه يخلق بيئة غير هوائية (بدون الأكسجين) ، ويعدّ الأكسجين عنصراً أساسياً لبكتيريا اختزال الكبريت تؤدي إلى تحويل الزئبق غير العضوي (Hg(II)) إلى مادة عضوية سامة عصبياً من ميثيل الزئبق (methylmercury ($CH_3Hg)^+$. ويصبح الزئبق مشكلة سمية عندما يتحول إلى عضوي أو بخار، يؤثر ميثيل الزئبق على الخلايا العصبية (سمة من سمات الأعصاب المسممة).

صور الزئبق العضوي تصبح جزءاً من السلسلة الغذائية عند تناولها من قبل المخلوقات الصغيرة، التي يتم تناولها بعد ذلك بواسطة المخلوقات الأكبر، وهكذا باقي السلسلة، وصولاً إلى الحيوانات المفترسة والبشر. البيئة اللاهوائية الموجودة في الأحواض الجديدة موجودة أيضا في النظم المائية الأخرى التي تحتوي على الرواسب الدقيقة في قيعانها والنمو الخضري الزائد. هناك مشكلة في الخزانات، أو بحيرات السد هو تعرضها لصيد الأسماك بشكل كبير أكثر من قبل البشر والحيوانات المفترسة الأخرى الآكلة للأسماك. أنصار السدود ربما لم يتوقعوا أن الزئبق سيدخل السلسلة الغذائية لهذه المشاريع.

بالقرب من مدينة سيراكيوز، نيويورك، هناك بحيرة جميلة تسمى بحيرة أونونداجا Onondaga انظر الشكل ١٠ , ١٧. للأسف، بعد الكشف على البحيرة وجد أنها تعاني من مشكلة وجود الزئبق. في الواقع لا يتم

استخدام البحيرة للاستجمام بسبب التلوث، فلقد وصفت بحيرة أونونداجا بأنها واحدة من أكثر البحيرات تلوثا في الولايات المتحدة، ويرجع ذلك أساسا إلى التصريف الصناعي والصرف الصحي الملوث الذي يصل إلى البحيرة. أصدر قسم الصحة بولاية نيويورك نصائح صحية تحذر فيها من استهلاك بعض الأسماك (مثل الوالي wallee، والباس bass) من مياه البحيرة بسبب التلوث بالزئبق وثنائي الفينيل متعدد الكلور.

المركب الذي يتم الاحتفاظ به ويتحرك من مستوى إلى آخر في السلسلة الغذائية بزيادة في التركيز يسمى بالتضخم الحيوي biomagnify. والمركب الذي يوجد بكميات أكبر في الكائنات المائية نتيجة انتشار بالمياه يسمى التراكم الحيوي Bioaccumulation. المشكلة مع التضخم والتراكم الحيوي هو أنه، في الوقت الذي يستهلك فيه الإنسان ميثيل الزئبق من الأسماك. فإن مستويات ميثيل الزئبق يمكن أن تكون عالية بما يكفي لتسبب آثارا صحية ضارة وخاصة للجهاز العصبي البشري، والآثار السلبية قد تكون أسوأ في الأطفال الصغار والنساء الحوامل (انظر الشكل ١٨ , ١٠) [٢٨].



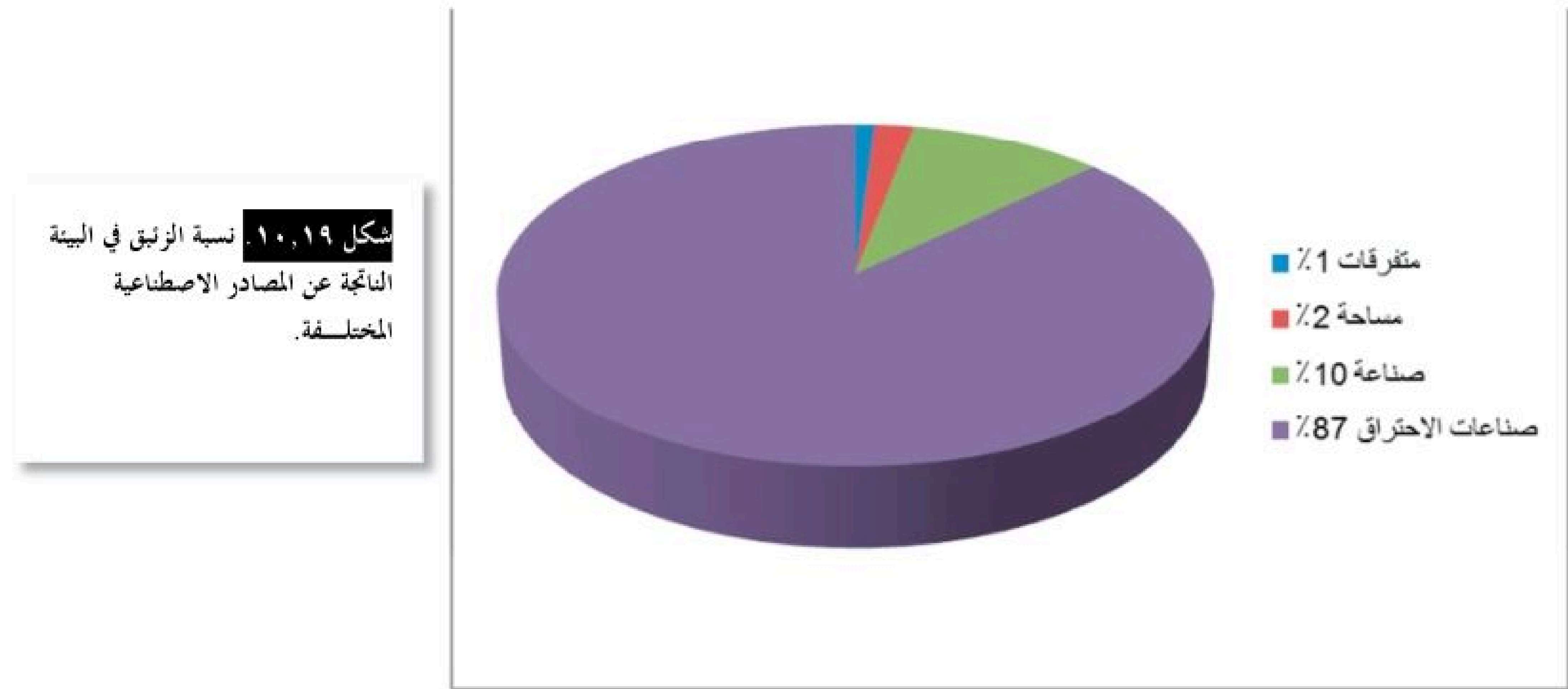
شكل ١٠,١٨. كمية ميثيل الزئبق المتراكمة في الأسماك تعتمد على: (١) ما إذا كان هناك مصدر متاح للزئبق. (٢) ما إذا كانت الظروف البيئية اللازمة لتشكيل ميثيل الزئبق موجودة. (٣) ما يشكل النظام الغذائي الكامل للأسماك، لأن ليس كل ما يستهلك يحتوي على ميثيل الزئبق.

فكر في الآتي Think about it

بدلا من أن تصبح دائما منتبهافمن الجيد أن نتذكر أن الجرعة تسبب التسمم، وأن جسم الإنسان يمكنه التخلص من بعض الزئبق كنفايات. تناول وجبات من الأسماك تحتوي على القليل من الزئبق، على مدى طويل، قد تكون ضارة. ومع ذلك، فتناول الأسماك نفسها المحتوية على القليل من الزئبق كل يوم، لمدة من الزمن، ربما ليست فكرة سليمة.

دعونا نناقش بعض المعلومات الأساسية بشأن الزئبق، الزئبق هو عنصر يوجد بشكل طبيعي، ويتم تحريره في الجو من خلال الانفجارات البركانية والينابيع الحرارية الأرضية. والتصنيع - خاصة التعدين، وحرق الفحم والنفايات - تضاعفت كمية الزئبق المضافة إلى الغلاف الجوي منذ عام ١٩٥٠. وقد وثقت دراسات الجليد القطبي الأساسية هذه المشكلة [٢٩]. والخبر السار هو أن العلماء قد وثقوا أيضا فعالية قوانين حماية البيئة، مثل قانون الهواء النظيف في الولايات المتحدة، على الحد من التلوث الصناعي إلى الغلاف الجوي.

نحن نعلم أن الرطوبة في الغلاف الجوي هي جزء من الدورة المائية. يحمل المطر الجسيمات، مثل الزئبق إلى سطح الأرض، وإلى الأنهار، والجداول، والبحيرات، والخزانات، والمحيطات. قد يترسب زئبق الغلاف الجوي بشكل جاف على السطوح البيئة، والنتيجة تسهيل الإمدادت من الزئبق المختزل غير العضوي سواء من التلوث بالزئبق الطبيعي، أو ما يسببه الإنسان.



شكل ١٠,١٩. نسبة الزئبق في البيئة الناتجة عن المصادر الاصطناعية المختلـــفة.

يوضح الشكل (١٩, ١٠) المصادر الرئيسية البشرية المنشأ (التي يسببها الإنسان) للزئبق [٣٠ .[في الشكل، تشمل كلمة "متفرقات" الطاقة الحرارية الأرضية، في حين أن "المساحة" تشمل نفايات الأسنان، والمصابيح الفلورية، والدهانات، ومقالب القمامة، وجزء "الصناعة" في المخطط يشمل أشياء مثل البطاريات، ومنظمات الحرارة، ومفاتيح الضوء الزئبقية، ومقايس الحرارة، والأسمنت، وكلمة "صناعات الاحتراق" - مثل محطات الطاقة التي تعمل بالفحم، والتعدين، والصهر، ومحارق النفايات - هي أكبر المساهمين بالزئبق.

في العمق In depth

الزئبق عادة ما يوجد بصور المعادن غير المتاحة مثل الكبريتيد، وكبريتيد الزئبق (HgS)، وبعض أملاح الزئبق، ويوجد في جميع الطبقات الصخرية من الحجر الرملي إلى البازلت، عنصر الزئبق °(Hg) هو على شكل سائل في درجة حرارة الغرفة – ولامع، ولونه فضي معدني، أصبح استخدام مقاييس الزئبق الحرارية غير مقبولة صحيا عندما تم الاعتراف بسمية الزئبق، (يطلق مقياس الحرارة المكسور بخار الزئبق في الهواء، وسام إذا استنشق). العديد من الناس لم يروا عن قرب الزئبق إنه معدن فضي لامع والذي يمكن تقسيمه إلى قطرات. التوتر السطحي ينشئ كرات صغيرة من الزئبق الذي يمكن أن تتدحرج معا لتتشكل إلى كتلة الزئبق الأصلية، قد تتعرف على تأثير الزئبق من أفلام الخيال العلمي، تذكر الروبوت في فيلم المنهي Terminator II (قد تجده تحت قسم أفلام الخيال العلمي التقليدية ضمن الأفلام القديمة). الروبوت – يمثل النموذج السيئ – تنقطع الرصاصة الواحدة إلى الآلاف من القطع المعدنية اللامعة، ولكن دائما تتجمع معا مرة أخرى، وهذا بالضبط ما يفعله "سائل" الزئبق، إلا أن هناك حاجة لتحريك القطرات الفضية للزئبق معا، ليس من السحر في الفيلم، ولكنها الكيمياء والفيزياء فقط.

الزئبق هو فلز رائع، على الرغم من أن الزئبق الفلزي يبدو امتصاص – حتى لو تم إبتلاعه، فإنه يمنع من مجرى الدم عن طريق المعدة وبطانة الأمعاء، ومع ذلك، يتم ادمصاص أبخرة الزئبق بسهولة في جسم الإنسان، معدن الزئبق ضار إذا تبخر ومن ثم استنشاقه، لأنه يتحرك بسرعة من الرئتين إلى مجرى الدم، يمكن أن يكون الزئبق مادة سامة للأعصاب، مما يعني أنه يعمل على الجهاز العصبي (الدماغ، والحبل الشوكي، والأعصاب) ويإتلاف وظائف الجسم – من المشي إلى التفكير،ظهور أعراض التسمم بالزئبق قد تستغرق شهوراً لتظهر إذا كان الشخص يأكل الطعام الملوث مراراً وتكراراً، ومع ذلك، يمكن للأعراض أن تختفي إذا توقف الشخص عن تناول الزئبق، بوضوح، لا يزال هناك الكثير لنتعلمه عن أثر الزئبق على البشر والكائنات الحية الأخرى.

وقد أجريت دراسة في كندا حول الزيادة في مستويات الزئبق في الخزانات المائية قامت بها هيدرو كيبيك Hydro-Quebec في ١٩٧٨-١٩٨٥. وتم رصد مستويات الزئبق بالأسماك في مجمع جراند La Grande للخزانات في منطقة باي جيمس بشمال كيبيك، وكان الغرض من الدراسة فهم الظواهر المكتشفة حديثا من زيادة مستويات الزئبق في الخزانات. وثقت الدراسة التغيرات الفعلية في تركيزات الزئبق في الأسماك، والأحياء المائية، والبشر [٣١].

يستهلك سكان كري Cree المحليين الأسماك من خزانات غراندي، حيث تمثل أسماك بايك pike وويلي walleye نسبة ١٥-٢٠ ٪ من المواد الغذائية التي يستهلكها هؤلاء الناس. تعرضت الأسر التي تأكل بانتظام مقتاتات الأسماك (الأسماك التي تأكل الأسماك الأخرى، مثل pike, walleye) لمستويات عالية من ميثيل الزئبق، وأحيانا تصل إلى مستويات عالية جداً (ست مرات ما قبل وجود الخزان). وبحلول عام ١٩٨٤، ست سنوات بعد الانتهاء من بناء السد في منطقة جراند، تعرض ٦٤ ٪ من الذين يعيشون على مصب نهر كري لتجاوز مستويات الزئبق في الدم بكثير وتعدوا حدود السلامة الصحية توسعت مستويات الزئبق بعد خمسة عشر عاما في البحيرات الطبيعية لإنشاء أحواض كبيرة، حيث إن مستويات الزئبق لا تزال أعلى من البحيرات الطبيعية، ولكن في أنخفاض.

مستويات الزئبق في معظم مناطق كري هي الآن تحت تلك القيم التي تعتبر ضارة بصحة الإنسان – لأن من المحتمل أن سكان مناطق كري وافقوا على تقليل أكل السمك الآكلة للأسماك. مستويات الزئبق في الأسماك آخذة في التناقص أيضا، بحيث أسهمت على الأرجح في نجاح القرارات المتخذة [٣٢]. تقترح الأبحاث التي أجريت على هذه الأحواض أن هناك حاجة إلى فترة زمنية لإرجاع مستويات الزئبق مرة أخرى إلى وضعها الطبيعي (١٠ إلى ٢٠ عاماً للأسماك غير الآكلة للأسماك، و ٢٠ إلى ٣٠ سنة بالنسبة للأسماك الآكلة للأسماك). عمل مجلس كري للخدمات الصحية والاجتماعية لخليج جيمس بنشاط في هذا البرنامج منذ عقود، والتي لا تزال في إطار اتفاق حليج جيمس للزئبق [٣٣].

مستويات الأكسجين المذاب Dissolved oxygen levels

التأثيرات الأخرى للسدود والأحواض المائية هي التغيرات في الأكسجين الذائب، ويتم خفض مستويات الأكسجين المذاب عند بقاء المياه في خزان المياه لفترة طويلة، عندما تشكل النباتات المغمورة والتربة المتحللة الخزان لأول مرة، يتم استهلاك مستويات الأوكسجين في مياه الخزان، وهذه "الخزانات الحديثة" يمكن أن تحتوي على مستويات مستهلكة بشكل كبير من الأكسجين المذاب في الماء. استهلاك الأكسجين من الماء قد يكون ضاراً ومميتاً لبعض أنواع الأسماك والحياة المائية لمجرى النهر بعد السد. الخزانات الحديثة قد تستغرق عشر سنوات لتصبح "ناضجة" وتحتوي على مستويات عالية من الأكسجين المذاب.

تجزئة أنظمة النهر البيئية Fragmentation of river ecosystems

أحد التأثيرات الضارة للسدود تأثيرها على النظم البيئية. تميل السدود إلى تجزئة نظم النهر البيئية، وعزل الأنواع الأحيائية التي تعيش قرب المنبع أو المصب بعيداً عن السد، أوجدت السدود والخزانات الحواجز للأسماك المهاجرة – للأسماك البالغة التي تنتقل إلى أعلى المجرى للتكاثر، ونتيجة لذلك تتحرك الأسماك الصغيرة مرة أخرى باتجاه المصب بعد التفقيس. الاستيطان حول بحيرة أونتاريو (تحيط بها مقاطعة أونتاريو وولاية نيويورك) تم في عام ١٨٠٠. على سبيل المثال، في نهاية المطاف يمنع هذا الاستيطان العشرات من الجداول المائية التي تصب في البحيرة بسبب بناء سدود المطاحن. تم إنشاء هذه المرافق لتحويل مياه النهر لتدوير المطاحن لطحن الحبوب، ونشر الخشب، والأنشطة الصناعية الأخرى، التي تعتمد على توليد الطاقة المائية للعمل.

فكر في الآتي Think about it

أصبحت أسماك ريو غراندي الفضي (Hybognathus amarus) المهددة بالانقراض محاصرة بين اثنين من السدود على طول نهر ريو غراندي الأوسط في نيو مكسيكو تجف المناطق من النهر أحيانا خلال فصل الصيف، وتنخفض أعداد الأسماك، وتعتمد مدينة البوكيركي Albuquerque، نيو مكسيكو، على إمدادات المياه من هذه الخزانات، ولكن ينبغي الحد من التحويلات للمساعدة في الحفاظ على متطلبات تدفق النهر للأسماك المهددة بالانقراض. كيف ينبغي للمجتمع أن يقيم الاحتياجات الإنسانية في البيئة الصحراوية مع احتياجات المياه للأنواع المائية؟

القضاء على تدفقات الفيضانات Elimination of flood flows

تقوم السدود عموما بحجز مياه الفيضانات والقضاء على تقلبات مياه الفيضان المدمر، وتعطي هذه التقلبات تاريخياً فوائد بيئية للأراضي الفيضية المجاورة، ومجمعات الأراضي الرطبة، وما يرتبط بها من الطبقات الحاملة للمياه الجوفية (المياه الجوفية متصلة هيدروليكيا بالجداول المائية السطحية المجاورة، والأراضي الرطبة، والأهوار).

غيرت عمليات تشغيل السدود تدفق المياه التاريخي في المصب في نظام النهر، وذلك لأن الأسماك وأنواع الحياة البرية تكيفت على مدى مئات وآلاف السنين لتدفقات الأنهار التاريخية. التغييرات التي يسببها الإنسان في هذه التدفقات تغير أنماط مرتبطة بإحكام بالنظم البيئية للمياه إلى أنماط التدفق الحالية في نظم الأنهار، والنتيجة هي تغيير في التعرجات الطبيعية وتدفق نظام النهر. هذا يعطل مآوي الأنواع الحياتية التي تتكيف مع ذلك الإيقاع الطبيعي.

في العمق In depth

أثرت وبشكل كبير ستة من السدود على نهر ميسوري منذ بعثة لويس وكلارك Lewis Clark من ١٨٠٤-١٨٠٦. السدود الستة هي: فورت بيك Fort Peck، وجارسن Garrison (خامس أكبر سد ترابي في الولايات المتحدة)، وأوهي Oahe (الذي أنشأ رابع أكبر خزان في الولايات المتحدة)، و فورت راندال Fort Randall وبيج بيند Big Bend، وسد جيفن بونت Gavins Pointفي ولايات مونتانا، وداكوتا الشمالية، وداكوتا الجنوبية، ونبراسكا. يصرف نهر ميسوري ما يقرب من ٢٠ ٪ من تصرف أنهار الولايات المتحدة حيث يجري بطول ٣٧٦٧ كيلومتراً (٢٣٤١ ميلا) من منبعه في ولاية داكوتا الشمالية حتى التقائه مع نهر المسيسبي في مدينة سانت لويس بولاية ميسوري. الحوض هي موطن لحوالي ١٠ ملايين شخص، بما في ذلك ٢٨ من القبائل الأمريكية الأصلية، وغيرهم من سكان عشر ولايات في شمال وسط الولايات المتحدة وجزء صغير من مانيتوبا وساسكاتشوان في كندا. يتراوح معدل التساقط في الحوض من ٢٥-١٠٠ سم (١٠-٤٠ بوصة) سنوياً، وينخفض الارتفاع عن سطح البحر من ٤٣٠٠ متر (١٤ الف قدم) بقمم الجبال في منبعه إلى ١٢٠ مترا فقط (٤٠٠ قدم) عند التقائه مع نهر المسيسبي.

شهد نهر ميسوري قبل التطوير واحدة من النظم البيئية الأكثر تنوعاً في أمريكا الشمالية مع وفرة القنوات النهرية، والأراضي الشاطئية الواسعة، والجزر، والحواجز الرملية، ومجمعات الأراضي الرطبة واسعة النطاق. عملت الفيضانات على إعادة تشكيل قناة النهر على مدى قرون، ووفرت كميات كبيرة من الرواسب والمغذيات. اليوم، ٣٢ ٪ من نهر ميسوري به قنوات، في كثير من الأحيان بين السدود، وأكثر من ١٣٠٠ كلم (٨٠٠ ميل) من النهر_ ما يقارب ٣٥ في المئة من طول النهر - محجوز خلف السدود في بحيرات، فقط ٣٣ في المئة من النهر لا تزال دون قنوات. حولت السدود حوالي ثلث نهر ميسوري إلى بيئة بحيرة راكدة lentic بسعة تخزين تقدر بـــ ٩١,٣ بليون متر مكعب (٧٤ مليون أيكر–قدم، أو ٢٤،١ تيرليون جالون). مساحة هذه البحيرات تجاوزت ٤٠٠ ألف هكتار(مليون أيكر) ، يمكنك أن تتخيل، مدى ما حصل من تغير كبير على ملامح نهر ميسوري وعلى النظم البيئية– لم يعد مجرى النهر يتدفق بحرية كما لاحظه لويس وكلارك في بداية ١٨٠٠. في عام ٢٠٠٧، وثقت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية الآتي :

"أثرت هذه التغيرات بشكل كبير على النظام البيئي بنهر ميسوري. في أعالي النهر، تم إنشاء نظام بيئي جديد من أحواض مائية عميقة بدلا من التدفق الحر للنهر والروافد والتي تاثرت بانخفاض درجات حرارة المياه وانخفاض كميات الرواسب، في الجزء الأسفل من النهر. قضت القنوات على الحواجز الرملية، والتنوع في العمق، واتصال النهر مع القنوات الجانبية وترجيع الماء، وقد تم تحويل نظام التدفق التاريخي بالتدفق العالي في فصل الربيع الذي تم حجزه في الخزانات، وانخفض التدفق في فصلي الصيف والخريف مع زيادة إطلاق المياه من الخزان. كل هذه التغييرات قد خفضت أعداد الأسماك بالنهر والعديد من أنواع الطيور، إلى درجة أنها وضعت ضمن الحيوانات المهددة بالانقراض أو الأنواع ذات الأهمية الخاصة على المستوى الاتحادي، أو الولاية [٣٤]".

قوانين الكونغرس الأمريكي للأنهار والموانئ في أعوام ١٩١٢، ١٩١٧، ١٩٢٥، ١٩٢٧، ١٩٣٠، ١٩٣٥، و ١٩٤٥ كل من هذه القوانين قدم معونات مالية لتطوير نهر ميسوري للملاحة، والتنمية، والسيطرة على الفيضانات، وتمت إقامة سد على النهر، وقناة، وإعادة المواقع بحيث يمكن الاستفادة من التدفقات للاستخدام البشري، ووفر هذا العمل آلاف الهكتارات الزراعية والتنمية الحضرية في السهول الفيضية التاريخية لنهر ميسوري. أنهت هذه المشاريع أيضا فعليا بما يسمى"meander belt" لنهر ميسوري، الذي قبل تدخل الإنسان. يسمح للنهر بالتحرك ذهابا وإياباً عبر ما يقرب من ربع مساحة السهول الفيضية. حزام التحرك يحتوي على الأراضي الرطبة، والحواجز الرملية، والغابات، والنظم البيئية الأخرى التي توفر تنوعاً إحيائياً واسعاً من الأسماك والمآوي للحياة البرية، تجدد الفيضانات الموسمية المآوي الضحلة الواقعة في السهول الفيضية.

خفضت القنوات مجرى نهر ميسوري بمقدار ١١٦ كيلومتراً (٧٢ ميلاً)، وقضت على ١٤٣ ألف هكتار (٣٥٤ ألف أيكر) من مآوي الحزام. هذه الخسارة اعترف بها من قبل الكونغرس الأميركي في عام ١٩٨٦ بإذن من مشروع تخفيف الأسماك والحياة البرية لنهر ميسوري، ويهدف المشروع إلى استعادة ١١ ألف هكتار (٢٨ الف أيكر)، أو حوالي ٥ ٪ من الأراضي التي أعطيت للتنمية على مدى القرن الماضي بتمويل من الحكومة الاتحادية [٣٥].

التحضر Urbanization

بناء السدود، وإنشاء الخزانات، غالبا ما يؤدي إلى زيادة التحضر في المنطقة، وهذا يعني أن الطرق، والمباني، ومواقف السيارات، والمواد الأخرى غير المنفذة التي تغطي سطح الأرض، التي كانت مغطاة من قبل بالنباتات. تقلل هذه التغيرات في استخدام الأراضي من قدرة التربة للسماح للأمطار بأن تتسرب إلى التربة والمياه

الجوفية، وقد تكون هناك حاجة إلى مزيد من المياه لخدمة الحاجات البشرية الجديدة، والتدفقات النهرية عند المصب بعد السد يمكن خفضها أبعد من ذلك، يمكن أيضا للجريان السطحي في المناطق الحضرية أن يلوث إمدادات المياه السطحية.

الأنهار والسدود، وجهود إعادة التأهيل Rivers, dams, and rehabilitation efforts

نهر الراين The Rhine River

لسنوات كثيرة، كان نهر الراين واحداً من أسوأ مكب للنفايات في أوروبا، كان النهر ضحية لتحقيق التقدم الاقتصادي – وهو أمر شائع في أكثر الدول الصناعية، في جميع أنحاء العالم. هذه العملية، للأسف، تكررت مراراً وتكراراً في الدول النامية والأقل تطوراً لكي تصبح أكثر صناعية.

يوضح الشكل ١٠,٢٠ رسماً لفنان، في عام ١٨٤٠، بعنوان بنجين على الراين Bingen on the Raine في ألمانيا. هناك حكاية شعبية ألمانية – تسمى برج الفأر، إنها قصة الأسقف الجشع، بعد قتل الفلاحين الذين يعملون لديه، يقول إنهم ليسوا أفضل من الفئران، ثم يلقى حتفه من قبل الجيش الغازي من الجرذان والفئران، وهذه يمكن أن تكون أيضاً حكاية تحذرية عما يسببه الجشع لنهر الراين، نهر الراين هو الممر المائي الأكثر ازدحاما في أوروبا، وقد تم تطويره لعدة قرون، تزدحم ضفاف النهر بالمدن والمصانع، والسدود التي تعوق التدفق، وقد تم تقويم الكثير من قنواتها وتبطينها بالأسمنت. يبدأ نهر الراين في جبال الألب السويسرية، ويجري عبر سويسرا، وألمانيا، وفرنسا، وأخيراً إلى هولندا في ميناء مدينة روتردام. توفر السدود على طول نهر الراين الطاقة المائية، والنقل النهري، ومياه الري، وإمدادات مياه الشرب والصرف الصحي لما يقرب من ٥٠ مليون شخص يعيشون في حوض تجميع مياه نهر الراين.



شكل ١٠,٢٠. اللوحة لفنان مجهول لنهر الراين في عام ١٨٤٠ تبين التنمية في وقت مبكر بالقرب من بينغن. برج موس Mouse وهو بناء صغير في الماء على الجانب الأيمن من اللوحة.
(Source:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhine_river_and_Bingen_post-1840.jpg.)

تم إنشاء لجنة نهر الراين في عام ١٨١٦ للحفاظ على النهر كممر مائي للملاحة، بشكل ملحوظ، تجتمع اللجنة في كل عام منذ عام ١٨٣١ باستثناء فترة الحرب العالمية الثانية، لإدارة الممر المائي التجاري المشترك

للاستخدام البشري. في عام ١٨٨٥، وقعت خمس دول على معاهدة سمك السلمون لحماية هجرة السمك، التي كانت معرضة للاختفاء بسبب التلوث، والسدود التي تحول دون مرورها إلى مناطق التخصيب. غيرت نشاطات تعدين الفحم، والحديد، وصناعات الصلب مناطق الحوض من مجتمع زراعي إلى واحد من أبرز المجتمعات الصناعية من خلال نهر وادي الرورRuhr في ألمانيا، وهو أحد روافد نهر الراين. ويعتبر أكثر الطرق كثافة في العالم، وشبكات السكك الحديدية موازية لضفاف النهر.

أصبح تلوث النهر مشكلة خطيرة في خمسينات القرن الماضي بعد إعادة تنظيم تدفقات النهر، والنفايات البشرية، والأسمدة، والمنتجات المنزلية مثل المنظفات – لقد تم إنفاق ٣٨,٥ بليون دولار على محطات تنقية المياه بين عامي ١٩٧٠ إلى ١٩٩٠. وقد صممت هذه المحطات للقضاء على المعادن الثقيلة، وتحسين مستويات الأكسجين المذاب في الماء، وكانت التحسينات ناجحة، ولكن بقيت مصادر التلوث الجديدة. اكتشف أنه لا يمكن حل مشاكل جودة المياه بمحاولات تنقية وحدها، وجاءت نقطة التحول في عام ١٩٨٦، في صورة كارثة بازل Basel. أشعل الحريق المدمر محطة الكيماويات الزراعية في ساندوز السويسرية بالقرب من بازل، سويسرا، وتدفقت أطنان من المواد الكيميائية السامة إلى نهر الراين القريب، وحول النهر إلى لون أحمر، تمكن رجال الإطفاء من إخماد النيران بكميات كبيرة من الماء، وأضيف عن غير قصد ١٠ أضعاف مترية –٣٠ طناً مترياً (١١–٣٣ طناً أمريكياً)

من المبيدات الحشرية ومبيدات الآفات في نهر الراين. نفقت تقريبا كل الأسماك وماتت الحياة النباتية على طول النهر وتدفقت المواد الكيميائية السامة مع الماء إلى بحر الشمال، وذكر شهود عيان أن رائحة كريهة من البيض الفاسد والمطاط المحترق عمت كل أنحاء المنطقة. لحسن الحظ، فإن حكومة هولندا أخذت زمام المبادرة في تنظيف النهر وإنشاء لجنة حماية الراين. توسعت جهود التنظيف على المدى الطويل بسرعة، واليوم، الجماعات والحكومات على طول ضفتي النهر يعملون على إعادة تأهيل النهر. تم بناء محطات الأسماك والممرات على السدود للسماح بعودة السلمون المهاجرة - أكثر من ٢٠٠ من سمك السلمون تم تجديد مخزونه وصيده منذ عام ٢٠٠٢. ومع ذلك، لا بدَّ من توسيع نطاق برامج إعادة التأهيل وإعادة التخزين، ومنع التلوث، والتنظيف، وتمديد ودعم برامج إعادة تأهيل حوض التجميع إذا أريد لنظام نهر الراين الاستمرار في إعادة التأهيل [٣٦].

هل إزالة السد هو الحل؟ Is dam removal the answer?

أدرجنا العديد من الفوائد والمشاكل الناجمة عن السدود والخزانات. في بعض المواقع تجري إزالة السدود بسبب قدمها ومشاكل الصيانة المرتبطة باستمراريتها. في الولايات المتحدة تقدر نسبة السدود في البلاد التي يتجاوز عمرها ٥٠ سنة بنحو ٢٥ ٪ [٣٧]. يمكن أن تتعرض السدود القديمة إلى التشقق إذا بنيت من مواد أخرى غير أرضية، وقد يتسرب الماء بشكل مفرط من خلال قاعدة السد القديمة. الرواسب التي تتراكم خلف السدود هي مشكلة خطيرة أخرى، حيث تقلل من المساحة المتاحة لتخزين المياه، في بعض الحالات قد يكون الغرض الأساسي للسد لم تغير موجود بعد هذه السنوات.

تغير السدود بيئة الأنهار، ومع ذلك، فالحالة الاقتصادية بشكل عام هي الحافز الأساسي لإزالة السد. تكاليف صيانة السد والمسؤولية غالباً ما تكون هي المشاكل الكبيرة لصاحب السد. الفوائد البيئية من إزالة السد مهمة، ولكن من الصعب قياسها كميا، وعلى النقيض من ذلك، الفوائد الترفيهية مثل صيد الأسماك، والتجديف، والقوارب، والأنشطة الشاطئية على الخزانات - مثل المشي لمسافات طويلة، والتنزه، وركوب الدراجات، ومشاهدة الطيور كل ذلك يجلب أموالاً يمكن قياسها كمياً (الشكل ٢١, ١٠). يستمر الجدل حول الآثار البيئية والاقتصادية لإزالة السد.

إزالة ناجحة A successful removal

تمت إزالة عدد من السدود من على نهر بارابو Baraboo الذي يجري لما يقارب من ١٦٠ كيلومتراً (١٠٠ ميلا) عبر ولاية ويسكونسن وخلال عاصمتها ماديسون Madison . كان على نهر بارابو ١١ سدا في فترة معينة عبر المجرى الرئيسي للنهر، ويرجع ذلك جزئياً إلى انخفاض الارتفاع لأكثر من ٤٦ متراً (١٥٠ قدماً) على طول مجراه، أربعة عشر متراً (٤٥ قدماً) من هذا التدرج موجود على امتداد ٨ كيلو مترات (٥ أميال)، اعترف المستوطنون الأوروبيون الأوائل على قدرة النهر علي توليد الطاقة للطواحين، وشيدت السدود العديدة والمطاحن على طول مسار النهر. خلال منتصف إلى أواخر القرن الثامن عشر، قادت سدود نهر بارابو الاقتصاد المحلي، وعمليات طحن الحبوب، ونشر الخشب، وغيرها من أنواع عمليات الطحن.

شكل ١٠،٢١. بحيرة Sakakawea، داكوتا الشمالية، الولايات المتحدة.
(Photograph courtesy ofNorth Dakota Tourism Department at USGS site. http://nd.water.usgs.gov/canoeing/missouri/index.html.)



غيرت طواحين السدود تدفق نهر بارابو من تيار سريع الجريان، مع المنحدرات، إلى سلسلة من الخزانات المائية التي تجري بخطى بطيئة. انخفضت أعداد الأسماك، أو حلت محلها أسماك الشبوط carp وغيرها من الأنواع الأقل رغبة. يغطي الطمي قاع النهر، وتدمرت مآوي الأحياء المائية التي كانت منتجة يوما وتوقفت هجرة الأسماك ووضع البيض.

ثم في عام ١٩٩٤، فشل سد وترورك Waterworks الذي يقع في بارابو Baraboo، في إجراءان تفتيش السلامة المتبعة التي أجريت عليه. قدرت تكلفة إصلاحه بما يقارب من ٧٠٠ ألف دولار أمريكي، في حين كانت تكلفة إزالة السد حوالي ٢٠٠ ألف دولار أمريكي. في عام ١٩٩٨، قررت مدينة بارابو إزالة السد، ودمرت الجرافات والمطارق الهوائية هيكل السد، وذلك الجزء من النهر سرعان ما عاد إلى ظروفه الطبيعية في الجريان. في وقت لاحق، تمت إزالة اثنين من السدود وهما سد لنين ميل Linen Mill (بني في عام ١٨٩٨ من الصخور والأخشاب، والحصي لتوفير الطاقة لطاحونة الكتان)، وسد أوك ستريت Oak Street الذي (بني في ١٩٢٩)، جنباً إلى جنب مع سد آخر في لافيل Lavelle، ويسكونسن .

كانت نتائج مشاريع إزالة السدود على طول نهر بارابو دراماتيكية، فقد تمت إزالة الرواسب المتراكمة وراء السدود بعيدا مع أول تدفق عالٍ للمياه، وسرعان ما نمت النباتات المائية على ضفاف الأنهار، وعادت الأسماك المحلية إلى هذا الجزء من النهر، وقد تمت دراسة كيمياء الجدول المائي وعلم البيئة من قبل الطلاب وأعضاء هيئة التدريس في جامعة ويسكونسن ماديسون، وبالإضافة إلى ذلك، قامت إدارة الموارد الطبيعية بويسكنسن باستخدام مؤشر يسمى "مؤشر النزاهة الحيوية index of biotic integrity" لتقييم الجودة البيئية الشاملة لنهر بارابو، قبل وبعد إزالة السد. قبل الإزالة كان تقييم النهر على درجة المؤشر من ٢٥ إلى ٥٠ (ضعيف إلى حسن). بعد عامين من الإزالة وصلت درجة المؤشر إلى ٧٥ حتى ٨٠ (ممتاز) في الموقع نفسه، واستند المؤشر إلى وجود أنواع من الأسماك مثل باس سمالموث smallmouth bass، التي تتطلب ظروفاً مائية عالية الجودة، في السابق، كانت أنواع أسماك المياه الدافئة مثل الكارب carp موجودة [٣٨].

في كثير من الأحيان، فإن عملية إزالة السد تبدأ بإجراء تفتيش للسد من قبل مفتش الولاية، وقد تكون تكاليف إصلاح السد كبيرة لدرجة أن هناك ما يبرر إزالة السد، إذ لم يعد يوفر فوائد اقتصادية كبيرة، وفي أحيان أخرى السلامة والدعاوي القضائية المحتملة أكبر من عوامل حماية البيئة، أو التحسين. عادة، هذه العوامل لا تجلب منافع اقتصادية مباشرة إلى صاحب السد.

فكر في الآتي Think about it

غالبا ما تكون السدود محور جدل ونقاش شديدين تبعا لوجهة نظرك، يمكن للسدود أن تمثل الخلاص الاقتصادي والاجتماعي، والتنمية الاقتصادية الوطنية لأقل البلدان نمواً بالنسبة للآخرين، تمثل السدود تأثيرات سلبية للبيئة، ومشاكل نقل الإنسان من موطنه، والتغيرات الاجتماعية التي توجدها المشاريع واسعة النطاق، هذا التنوع في وجهات النظر يوضح كيف يمكن أن تنشأ المواقف المتباينة ووجهات النظر القائمة على نظم القيم المتناقضة، هل قضية إزالة السد حالة بسيطة صحيحة، أو خاطئة؟ ما رأيك في إزالة السدود لأنها تفقد فائدتها؟

نقاط موجزة Summary points

• يمكن أن تكون السدود حيوية للتحضر، ولكن حتماً تعطل وظائف النهر الطبيعية.

• يقوم حيوان القندس بإنشاء السدود الطبيعية باستخدام العصي والطين لوقف تدفق المياه. كما تم استخدام هذه التقنية من قبل البشر في وقت مبكر على الجداول الصغيرة.

• يقوم حيوان القندس بإنشاء منطقة بيئية انتقالية ecotone من النهر إلى الأراضي الرطبة.

• ونظرا لقدرة القندس على التعامل مع هيكل البيئة، وتصنف باعتبارها من الأنواع الرئيسية.

• هناك العديد من أنواع السدود الأساسية.

• تم العثور على قنوات ري عمرها ثمانية آلاف سنة في منطقة بلاد ما بين النهرين، زودت السدود الترابية الماء لهذه القنوات.

• بناء السدود الجاذبية من الكتل الخرسانية، أو كتل البناء عبر الوديان الضيقة نسبياً، لم تخترع الكتل الخرسانية وتطويرها إلا في وقت الرومان في القرن الثاني قبل الميلاد.

• تبنى السدود المقوسة في الأخاديد الضيقة مع جدران الصخور الصلبة.

• تشمل السدود المدعمة مميزات أفضل من السدود المقوسة، مع دعم الهيــاكل الذي يعطي دعماً إضافياً.

• للسدود مجموعة متنوعة من الأغراض، بما في ذلك إمدادات مياه الري، والسيطرة على الفيضانات، وإمدادات المياه البلدية والصناعية، والطاقة المائية، والترفيه.

• التحكم في الفيضانات بالسدود له نتائج متباينة في بعض المواقع، ولكن هي واحدة من المهام المشتركة المطلوبة، ويسمى نهر الصين الأصفر "محزن الصين"؛ لأنه قتل المزيد من الناس أكثر من أي نهر آخر، وللأسف، فإن كميات الترسبات الضخمة من المياه تجعل بعض السدود غير عاملة في وقت قصير.

• بعض الخزانات التي أنشأتها السدود توفر إمدادات المياه للبلديات والزراعة، كما أنها توفر الفرص الترفيهية لركوب الزوارق، والسباحة، وصيد الأسماك.

• كانت السدود الكهرومائية ناجحة جدا، ولكنها ليست بدون عواقب من حيث مصايد الأسماك الطبيعية، فهي تعتبر من منتجي الطاقة النظيفة.

• بعض من عواقب بناء السدود غير مقصودة، على سبيل المثال:

• إطلاق المياه من الخزانات لصيانة التدفق عادة ما تكون منخفضة في الأكسجين المذاب (DO). لتحسين جودة المياه من خلال تخفيف النفايات السائلة المضافة، ولكن قد تضر الكائنات المائية عن طريق الحد من تركيز الأكسجين المذاب.

• السيطرة على الفيضانات يربك الدورة الطبيعية لمستويات التدفق في النهر.

• الرواسب المنخفضة في المياه المنطلقة من السد تحجز الرواسب من قناة النهر حيث تزيل المآوي والمواد المغذية.

• الخزانات مثل البحيرات في الطبقات الحرارية، وقد يسبب الماء المنطلق من السد صدمة حرارية في المصب.

• تسمح المستويات المنخفضة من DO الأكسجين المذاب في الخزانات بتراكم ميثيل الزئبق.

• إزالة السدود القائمة في بعض أجزاء من العالم، أصبحت أكثر شيوعاً مع تقدم العمر ومحدودية فائدة السدود في ضوء قضايا نوعية البيئة.

• يوفر مشروع إستعادة نهر الراين أمثلة ممتازة للمشاكل المعقدة في استعادة النهر بعد قرون من سوء المعاملة.

• إزالة السد على نهر بارابو في ويسكونسن مثال على إزالة السد الناجحة واستعادة النهر.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١. لماذا كانت السدود حيوية في تشكيل الحضارات القديمة؟

أ. ستختلف الإجابات ولكن يجب أن تتضمن مناقشة إمدادات المياه التي يمكن الاعتماد عليها، والحاجة إلى زيادة إنتاج الغذاء مع تزايد السكان والحماية من الفيضانات، ومكافحة التعرية (ص ٣٤٧-٣٥٣).

٢. ما هي بعض الأنواع المختلفة من السدود؟ اذكر بعض الأمثلة من حيث الاستخدام لأول مرة للسدود التي شيدها الإنسان.

أ. القندس (ص ٣٤٥-٣٤٦).

ب. الترابية –قبل ٨٠٠٠ سنة في بلاد ما بين النهرين (ص ٣٤٨).مراجعة الصفحات

ج. الجاذبية –قبل ٥٠٠٠ سنة في مصر (ص ٣٤٩-٣٥٠).

د. المقوس – فرنسا من قبل الرومان، القرن الثاني (ص ٣٥١).

ه. المدعم - بطليوس، إسبانيا ١٧٤٧ (ص ٣٥١-٣٥٢).

٣. حيوان القندس من الأنواع الرئيسية، ماذا يعني هذا؟ ما هي الأنواع التي تجسد مفهوم الأنواع الرئيسية؟ (ص ٣٤٥)

أ. لديها القدرة على تغيير بنية بيئتهم.

ب. الجنس البشري.

٤. كيف تستخدم السدود لتعزيز الملاحة الداخلية؟

أ. توفر السدود وأنظمة الحجز على الأنهار شبكة النقل النهري الداخلي الاكثر استقراراً للحركة من الحبوب، والفحم، والحصى، وغيرها من المواد. توفر أنظمة وسائل النقل هذه تدفقات الأنهار الأكثر استقراراً، ويمكن أن توفر المياه لتشغيل نظم الحواجز (ص ٣٦٨-٣٦٩). مراجعة الصفحات

٥. ما هي بعض الآثار السلبية للسدود؟

أ. الترسيب وراء السد، وحجز المواد الغذائية، والتغير في درجة حرارة الماء أقل من السد والخزان، وتراكم الزئبق، وتغير وتجزئة مآوي النهر، والتباين في مستويات الأكسجين الذائب، وفقدان تدفقات الفيضان الموسمية، والتحضر الذي يتبع بناء السدود (ص ٣٧١-٣٧٢).

٦. هل إزالة السد عموما يعدَّ حلاً جيداً لمشكلة موارد المياه المحلية؟ لماذا، أو لماذا لا؟

أ. سوف تختلف الإجابات، تساعد إزالة السد على استعادة النهر إلى حالته الأصلية مع مرور الوقت اذا كان هذا هو الهدف المحلي. إنها ليست الإصلاح الفوري، إذا لم تعد هناك حاجة لوظائف السد الأصلي قد يكون البديل هو الإزالة، الوقاية من فيضانات السدود يجب تقييمها بعناية قبل الإزالة لضمان أن الفيضانات لم تعد مشكلة، إنها حقاً تتوقف على أغراض السد الأصلي والاحتياجات المحلية الجديدة (ص ٣٨١-٣٨٣).

٧. لقد كان لبناء السدود الثلاثة في الصين عواقب سلبية للغاية على جودة المياه في منبع النهر. كيف يمكن حماية جودة المياه كجزء من مشروع السد؟ من هو المسؤول عن تنظيف النهر؟ هل تردي جودة المياه يجب أن تكون نتيجة حتمية للتنمية؟

أ. ستختلف الإجابات، يجب أن تتضمن مناقشة ممارسات إدارة الحد من إدخال الملوثات إلى النهر، ينبغي إعادة تقييم جميع المدخلات لحالة التدفق، ينبغي أن تعامل مياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية السائلة قبل تصريفها إلى النهر، وينبغي إعادة تأسيس المناطق المشاطئة حتى في المناطق المطورة.

ب. عادة ما تكون وظيفة تظيف النهر من قبل هيئة محلية، أو وطنية، الأفراد يمكن أن يحدوا من الآثار الخاصة بهم عن طريق الحد من مدخلاتهم.

ج. ستختلف الإجابات، ويبدو أن الجواب هو نعم، ومع ذلك فالممارسات الإدارية، وتعزيز معايير تصميم نظام صحي، والتكنولوجيات الجديدة المقترنة مع الرغبة يمكن أن تفعل الحد الأدنى من الضرر، وتسمح بالتنمية والتعايش الطبيعي، ليس من الضروري أن تكون الطبيعة بكراً لتكون صحية.

للمزيد من القراءة

McCully, Patrick, 1996, Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams, London: Zed Books.

Outwater, Alice, 1996, Water: A Natural History, New York: HarperCollins.

Smith, Norman, 1972, A History of Dams, Secaucus, N.J.: Citadel Press.

Worster, Donald, 1985, Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West, New York: Pantheon Books.

References

[1] Gregg R. Hennessey, 1987, "Book review of Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West, author Donald Worster," Journal of San Diego History 33, Number 4

[2] International Commission on Large Dams, Dams and the World's Water, Paris, France, http://www.icold-cigb.net/#, February 2007

[3]World Commission on Dams, "China," http://www.dams.org/kbase/ studies/cn/cn_exec.htm, February 2007

[4] Alice Outwater, 1996, Water: A Natural History, New York: HarperCollins, p 20

[5] Donald Worster, 1985, Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West, New York: Pantheon Books, pp 23–4 and 29 QUESTIONS FOR ANALYSIS 321

[6] Karl A. Wittfogel, 1957, Oriental Despotism: A Comparative Study of Total Power, New Haven, Conn.: Yale University Press, p xix; and Water History.org, "Karl August Wittfogel," http://www.waterhistory. org/histories/wittfogel/, February 2007

[7] Patrick McCully, 1996, Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams, London: Zed Books, p 12

[8] Norman Smith, 1972, A History of Dams, Secaucus, N.J.: Citadel Press, p 1

[9] Mohamed Bazza, 2006, "Overview of the history of water resources and irrigation management in the Near East region," in 1st International Water Association International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations, under the Aegis of EU, EUREAU, FAO, UNESCO and Association of Greek Municipalities, Iraklio, Greece

[10] McCully, Silenced Rivers, p 12

[11] US Army, "Dams from the beginning," http://crunch.tec.army. mil/nid/webpages/USSD_Water_Dams/Media/damsfrombegin.doc, February 2007

[12]NOVA Online, “Flood!” http://www.pbs.org/wgbh/nova/flood/deluge. html, February 2007

[13] Lee W. Larson, 1996, “The Great USA Flood of 1993,” in International Association of Hydrological Sciences Conference Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters – Their Abatement and Control, Anaheim, California

[14] US Federal Emergency Management Agency, “Benefits of dams,” http://www.fema.gov/hazard/damfailure/benefits.shtm, November 2008

[15] Australian Government, “Historic first step taken on River Murray,” http://www.environment.gov.au/minister/env/2003/mr14nov03.html, February 2007

[16] Australian Government “Historic first step taken on River Murray”

[17] National Water Commission, 2007, Australian Water Resources 2005: A Baseline Assessment of Water Resources for the National Water Initiative, Level 2 Assessment, http://www.water.gov.au/publications/ WaterAvailability_National_Perspective_Report_May07.pdf

[18] M. Kirby, R. Evans, G. Walker, R. Cresswell, J. Coram, S. Khan, Z. Paydar, M. Mainuddin, N. McKenzie, and S. Ryan, 2006, The Shared Water Resources of the Murray–Darling Basin, http://www.mdbc.gov. au/__data/page/1130/CSIRO_Part_1_shared_water_resources.pdf

[19] A. Van Dijk, R. Evans, P. Hairsine, S. Khan, R. Nathan, Z. Paydar, N. Viney, and L. Zhang, 2006, Risks to the Shared Water Resources of the Murray–Darling Basin, MDBC Publication 22/06, Canberra: Murray–Darling Basin Commission 322 DAMS AND RESERVOIRS

[20] New South Wales Storage Reports, http://waterinfo.nsw.gov.au/ StorageSummary.html

[21] Commonwealth of Australia, 2007, Murray–Darling Basin Dry Inflow Contingency Planning Overview, Report to First Ministers, May 2007, http://www.environment.gov.au/water/publications/mdb/pubs/ dry-inflow-planning-may07.pdf

[22] Murray–Darling Basin Commission, The Murray–Darling Basin Agreement, http://mdbc.gov.au/about/the_mdbc_agreement/

[23] US Federal Emergency Management Agency (FEMA), Benefits of Dams, http://www.fema.gov/hazard/damfailure/benefits.shtm, January 2007

[24] PBS, Wonders of the World, http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/ wonder/structure/itaipu.html, February 2007

[25] Tennessee Valley Authority, Navigation on the Tennessee River, http://www.tva.com/river/navigation/index.htm, February 2007

[26] Maryland Department of Natural Resources, Freshwater Benthic Macroinvertebrates, http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/ freshwater.html, February 2007

[27] McCully, Silenced Rivers, p 12

[28] J. G. Wiener, D. P. Krabbenhoft, G.H. Heinz, and A.M. Scheuhammer, 2002, Ecotoxicology of mercury, in Handbook of Ecotoxicology, 2nd edn, eds. D. J. Hoffman, B. A. Rattner, G.A. Burton, Jr., and J. Cairns, Jr. , Boca Raton, Fla.: CRC Press, pp 407–461

[29] D. P. Krabbenhoft and P. F. Schuster, 2002, Glacial Ice Cores Reveal a Record of Natural and Anthropogenic Atmospheric Mercury Deposition for the Last 270 Years, US Geological Survey Fact Sheet FS-051–02, 2; P. F. Schuster, D. P. Krabbenhoft, D. L. Naftz, L. D. Cecil, M. L. Olson, J. F. Dewild, D. D. Susong, and J. R. Green, 2002, “Atmospheric mercury deposition during the last

270 years: a glacial ice core of natural and anthropogenic sources," Environmental Science and Technology 36, 2303–2310

[30] US Environmental Protection Agency, 1997, Mercury Study: Report to Congress, EPA 452R-97–004, Washington, D.C.: US Government Printing office.

[31] Hydro-Que´bec, Research and Agreements on Mercury, http://www. hydroquebec.com/sustainable-development/documentation/pdf/ mercure2.pdf, February 2007

[32] McCully, Silenced Rivers

[33] Hydro-Que´bec, Research and Agreements on Mercury

[34] US Geological Survey, The Missouri River Story, http://infolink.cr.usgs. gov/The_River/MORstory.htm, February 2007

[35] US Geological Survey, The Missouri River Story

[36] UNESCO, 2007, "The 'Miracle' of the Rhine," http://www.unesco.org/ courier/2000_06/uk/planet.htm, February 2007; and P. H. Nienhuis, A. D. Buijse, R. S. E.W. Leuven, A. J.M. Smits, R. J. W. de Nooij, and QUESTIONS FOR ANALYSIS 323 E.M. Samborska, 2002, "Ecological rehabilitation of the lowland basin of the river Rhine (NWEurope)," Hydrobiologia 478 (1–3), 53–72

[37] University of Wisconsin, "What's the dam problem?," http://whyfiles.org/169dam_remove/index.html, February 2007

[38] Wisconsin Department of Natural Resources, "Restoration project of the Baraboo River," http://dnr.wi.gov/org/gmu/lowerwis/bararest. htmBaraboo, February 2007

الفصل الحادي عشر

معالجة مياه الشرب والصرف الصحي

Drinking Water and Wastewater Treatment

الماء أمر أساسي للحياة والكرامة الإنسانية، وهو أحد المتطلبات الأساسية لحقوق الإنسان. منظمة الصحة العالمية[١] .

الخطوط العريضة للفصل Chapter outline

- المقدمة
- المعالجة القديمة لمياه الشرب
- اكتشاف المجهر
- الأوبئة والمجهر
- الحماية الاتحادية لمياه الشرب في الولايات المتحدة
- قضايا مياه الشرب
- مصدر حماية المياه
- قضايا المياه الصالحة للشرب الصحية الحديثة
- معالجة مياه الصرف الصحي القديمة
- قضايا مياه الصرف الصحي الحالية

المقدمة

Introduction

في إحدى حلقات البرنامج التلفزيوني الناجح الذي عُرِضَ على محطة CBS-TV واجه رجال القبائل مهمة عاجلة لإيجاد مكان لمياه الشرب للحفاظ على فرصتهم في الفوز بجائزة مليون دولار أمريكي. أكد منظمو البرنامج التلفزيوني "ال" على وجوب غلي المتسابقين لمياه الشرب لجعلها صالحة للشرب، وعدم الأخذ بالتحذير قد يؤدي

إلى المرض المتعب والعزل من اللعبة. الحصول على مياه الشرب النظيفة يشكل تحدياً في البرنامج التلفزيوني، وكذلك على مدى تاريخ البشرية.

معالجة مياه الشرب قديماً Early drinking water treatment

على الرغم من عدم معرفتهم بعالم الجراثيم، ففي عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد قام الإغريق القدماء بتصفية المياه من خلال الفحم والرمل والحصي وتحسين فرص شرب المياه. استخدمت عمليات مثل التعريض لأشعة الشمس، والغلي، ووضع أدوات ساخنة في الماء قبل الشرب، والضغط كلها استخدمت لتحسين طعم المياه. الثقافة الهندوسية القديمة تؤكد على حتمية غلي المياه كريهة الطعم، أو تعريضه لأشعة الشمس، أو تغطيس قطعة من النحاس سبع مرات، والتنقية، ثم السماح له بالبرودة في إناء أرضي [٢]. العديد من القيود الدينية بشأن الطعام والشراب في الواقع هي لحماية الصحة.

> **تفترض المجتمعات القديمة عموما أن حسن ذوق الماء يدل أيضا على نظافة الماء حيث لا توجد علاقة علمية قائمة بين المياه غير النقية والمرض.**

وصفت وسائل معالجة المياه في مقابر الحكام المصريين أمنحوتب الثاني Amenhotep II (1447-1420 قبل الميلاد)، ورمسيس الثاني Ramses II (1300-1223 قبل الميلاد). يظهر الرسم على جدران القبر الموظفين وهم يزيلون الترسبات، وذلك باستخدام جهاز ترسيب، أو سيفون الفتيل في المطبخ المصري، بعد ذلك، حاول المصريون إزالة المواد الصلبة العالقة عن طريق إضافة الشب (كبريتات الألمنيوم) [٣]. يعمل الشب كجامع، حيث يجمع الجسيمات معاً مكونا كتلة كبيرة يمكن أن تترسب بشكل أسرع، وعندما تستقر هذه الكتلة فإنها تترك ماءً صافياً يمكن استخدامه. كما ذكر سابقا، فإن الإغريق أيضاً عالجوا المياه، وأنشأوا نظم توزيع مياه واسعة، وكان العمل الهيدروليكي الشهير من المهندسين اليونانيين هو بناء قناة ساموس Samos القديمة. شيدت القناة حوالي ٥٠٠ قبل الميلاد على ساموس، وهي جزيرة في بحر إيجة قبالة سواحل تركيا. كان طول بناء النقل ١٠٠٠-متر (٣٤٠٠ قدم) من أنفاق المياه (المعروف أيضاً بمصطلح نفقEupalinos – سمي على اسم المهندس المسؤول عن المشروع).

كان عدد سكان مدينة أثينا القديمة ٢٠٠ ألف نسمة حوالي ٥٠٠ قبل الميلاد، عندما كان عدد سكانها صغيراً وفرت كل من الينابيع الطبيعية، والآبار الجوفية، ومياه الأمطار إمدادات كافية من المياه، ولكن مع نمو المدينة تم وضع نظام واسع من الآبار العامة، والنوافير، والينابيع، وتم بناء نظام توزيع مياه بدائي مع بلاط السيراميك تحت الشوارع المدينة، واستخدمت نظم بلاط مماثلة لمشروعات الصرف الصحي، وعُيِّن مسؤول عام،

يسمى موظف النافورات، لتشغيل وصيانة نظام المياه في المدينة، وعلى فرض التوزيع العادل للمياه نشر الحراس على الينابيع العامة والنوافير لضمان النظام في عام ٣٣٣ قبل الميلاد تم منح بيثيس Pytheus وساماً من الذهب لعمله في استعادة والحفاظ على عدة نوافير.

في الوقت نفسه ابتكر الطبيب اليوناني أبقراط Hippocrates (460-377 قبل الميلاد)، والمعروف أيضا باسم أب الطب كيساً من القماش، أو مصفاة (تسمى "كم أبقراط Hippocrates sleeve")، عادة ما تكون مصنوعة من الفانيلا، أو الكتان، وتخيط على شكل مخروطي. تمت إزالة الرواسب عن طريق سكب الماء المغلي من خلال الكم لإزالة الرواسب. يقوم القماش بحجز الرواسب التي تسبب الطعم السيئ أو الرائحة الكريهة.

تشتهر روما القديمة بأنظمة إمدادات مياه الشرب والتخلص من مياه الصرف الصحي. في الأصل، كان الرومان يعتمدون على نهر التيبر Tiber، وينابيع المياه الجوفية، والآبار في إمدادات المياه، ولكن هذه أصبحت ملوثة جداً، أو غير كافية لتلبية الاحتياجات المتزايدة [٤]. وعلى ضوء ذلك شيدت القنوات من الينابيع والأنهار البعيدة لتوصيل المياه النظيفة للنوافير العامة في المواقع المركزية في جميع أنحاء المدينة. حوالي٣٠٠ سنة قبل الميلاد، شيد المهندسون الرومان القنوات المائية لنقل حوالي ٤٩٢ ألف متر مكعب (١٣٠ مليون جالون، أو ٤٠٠ أيكر-قدم) إلى العاصمة روما يومياً، في ذلك الوقت، يمكن للسكان ملء الحاويات من المياه العذبة في أي وقت من النهار، أو الليل.



شكل ١١،١. قناة دوبونتجارد الرومانية القديمة في مدينة نيم، فرنسا، بنيت حوالي ١٩قبل الميلاد.

(Photograph courtesy of http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pont_du_gard.jpg)

على الرغم من عدم تقديم معالجة مباشرة للمياه، إلا أن المعالجة العرضية لأشعة الشمس على طول قناة المغلقة توفر بعض المعالجة. الشكل ١ , ١١ لقنوات جارد دو بونت Pont du Gard، بنيت من قبل الرومان حوالي ١٩ قبل الميلاد بالقرب من نيم Nimes ، في فرنسا، في نهاية القرن الأول الميلادي، كان يوليوس سكستوس فرونتيوس35-103) Frontinus م) مفوض المياه في روما، وكتب وصفاً لنظام المياه للإمبراطور نيرفيا Nerva تدعىaquae ductu urbis Romae (قنوات المياه في روما).كتب فيه وصفاً بالتفصيل عن الحجم، والطول ووظائف القنوات الرومانية المختلفة.

في زمن الإمبراطور ماركوس كوسيوس نيرفا30-98) Nerva م)، هناك تسع قنوات لنقل المياه إلى روما إلى ٦٠٠ نقطة رئيسية lacus، أو نقاط التوصيل الرئيسية، كما استخدمت خزانات تحت الأرض. تسمى الصهاريج أو خزانات cisterns، لتوفير المياه لاستخدامها لاحقاً، ومع ذلك كانت المشكلة الشائعة سرقة المياه. ملاك الأراضي على طول القناة يستغلونها في كثير من الأحيان لتحويل بعض من إمدادات المياه العامة إلى القنوات لري الحدائق، أو الحقول الخاصة (فرونتيوس سمى هذه الأفعال غير القانونية "ثقب التصريف")، وغالباً ما كان التسريب غير القانوني من القناة من خلال أنابيب الرصاص الخفية التي دفنت تحت شوارع المدينة، وامتدت إلى المنازل الخاصة [٥].

قناة سيجوفيا Segovia إسبانيا، هي مثال آخر ساطع على الهندسة الرومانية بنيت في مستويين من الأقواس نحو ٥٠ بعد الميلاد في وسط إسبانيا، ولا تزال في حالة جيدة ومحافظاً عليها حتى اليوم. طول قناة سيجوفيا ٨١٣ متراً (٢٦٦٧ قدماً) وإرتفاعها ٢٨ متراً (٩٢ قدما)، وهي مصنوعة من صخور الجرانيت، ولا تحتوي على خرسانة، ولها ١٦٦ من الأقواس و ١٢٠ عموداً موضوعة على مستويين. تحصل القناة على إمدادات المياه من ينابيع فينريا Fuenfria ، على بعد ١٨ كيلومتراً (١١ ميلاً) من سيجوفيا. يستقر الرمل بشكل طبيعي من المياه المتدفقة خلال مرورها نحو وسط المدينة، ولقد اعتبرت هذه القناة ذات الميل المنخفض من قبل اليونسكو في عام ١٩٨٥م بأنها واحدة من التراث العالمي ويجب المحافظة عليها.

بعض هذه القنوات تنتهي أحياناً في خزانات تحت الأرض. الشكل ٢ , ١١ لخزان ثيودوسيوس الأرضي الذي بني تحت إسطنبول، تركيا، في الفترة بين ٤٢٨-٤٤٣م. مساحة الخزان حوالي ٢٥ × ٤٥ متراً (٨٠ × ١٥٠ قدم)، والسقف مدعوم بـ ٣٢ عمودا من الرخام، ارتفاع كل منها ٩ أمتار (٣٢ قدماً).



شكل ١١,٢. خزان ثيودوسيوسوهو خزان روماني بني تحت مدينة إسطنبول، تركيا.مساحته حوالي ٤٥ في ٢٥ متراً والسقف مدعوم من ٣٢ من الأعمدة الرخامية بارتفاع حوالي ٩ أمتار)

(Photograph by Roger W. Haworth at http://en. wikipedia.org)

طعم المياه مسألة مهمة في أنظمة المياه القديمة، ولا تزال الاختبارات على رائحة وطعم المياه مستمرة. في القرن الأول الميلادي، أوصى الكاتب اليوناني دوفانس Diophanes بوضع نبات الغار في مياه الأمطار)مصنوعة لينة أو عن طريق النقع في السائل. يعتبر نبات الغار Laurel في المراتب الاولى كنبات شفاء، وربما يعادل اليوم ورقة من الأعشاب في الدوائر الطبية). وصية Diophanes عن ورق الغار الذي يحتوي على الأوجينول سليمة – تكسر المادة الكيميائية "الأوجينول" أغشية الخلايا مثل الكثير من الصابون، مادة الأوجينول تقتل الميكروبات في الماء إذا استخدمت بكميات كافية. اقترح الكاتب الروماني Paxamus بوضع كيس من الشعير، أو الكتل المرجانية. في المياه كريهة الرائحة لتحسين مذاقها.

توجد شواهد على أن حضارة الماين Mayan أنشأت تقنية القنوات بشكل مكثف في شمال أمريكا قبل ٥٠٠ سنة قبل الميلاد.

أنهى سقوط روما في القرن الخامس الميلادي التقدم في معالجة المياه بأوروبا لأكثر من ١٠٠٠ عام مقبل، وكانت التجارب على تنقية المياه غير مألوفة في العصور الوسطى نظراً لعدم وجود تحسينات ثقافية وعلمية. انتشر مرض الطاعون عن طريق البراغيث والبعوض والبراز، وقذارة مياه الشرب حيث كانت مروعة خلال هذه الفترة القاتمة من تاريخ البشرية [٦].

لحسن الحظ، فإن البحث عن المياه الصالحة للشرب لم يتوقف تماما خلال العصور المظلمة في أوروبا. في القرن الثامن كتب جابر بن حيان الكيميائي العربي أطروحة على تقطير المياه الذي اقترح استخدام السيفون لإزالة

"روحية". في القرن الحادي عشر الميلادي أوصى الطبيب المسلم والكاتب ابن سينا أنه ينبغي تقطير المياه من خلال قطعة قماش، أو غلي الماء، قبل الشرب للوقاية من الأمراض، وأشار إلى أن الحيوانات الدقيقة تعيش في المياه. هذه الحيوانات صغيرة جدا بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين البشرية ويمكن أن تسبب الأمراض. كان ابن سينا يتطرق إلى مفهوم البكتيريا ومسببات الأمراض التي تنقلها المياه [٧]، لكنه يحتاج إلى مجهر لتأكيد نظريته الطبية، ومع ذلك. لم تخترع هذه التقنية إلا بعد ٦٠٠ سنة في هولندا.

ابتداءً من أواخر القرن الرابع عشر بدأ الانتقال من العصور الوسطى إلى عصر النهضة، وانتهى الركود العلمي والفكري بعد الاختراعات والابتكارات الجديدة في الحياة، كان هذا هو "عصر الاكتشافات." ما زالت مياه الشرب الملوثة سبباً رئيسياً للمرض والموت في جميع أنحاء العالم. اثنان من الاختراعات لا علاقة لهما مباشرة بالمياه هما المرشحات المتعددة، والمجهر حيث تم استخدامهما كأدوات لتحسين صحة الإنسان.

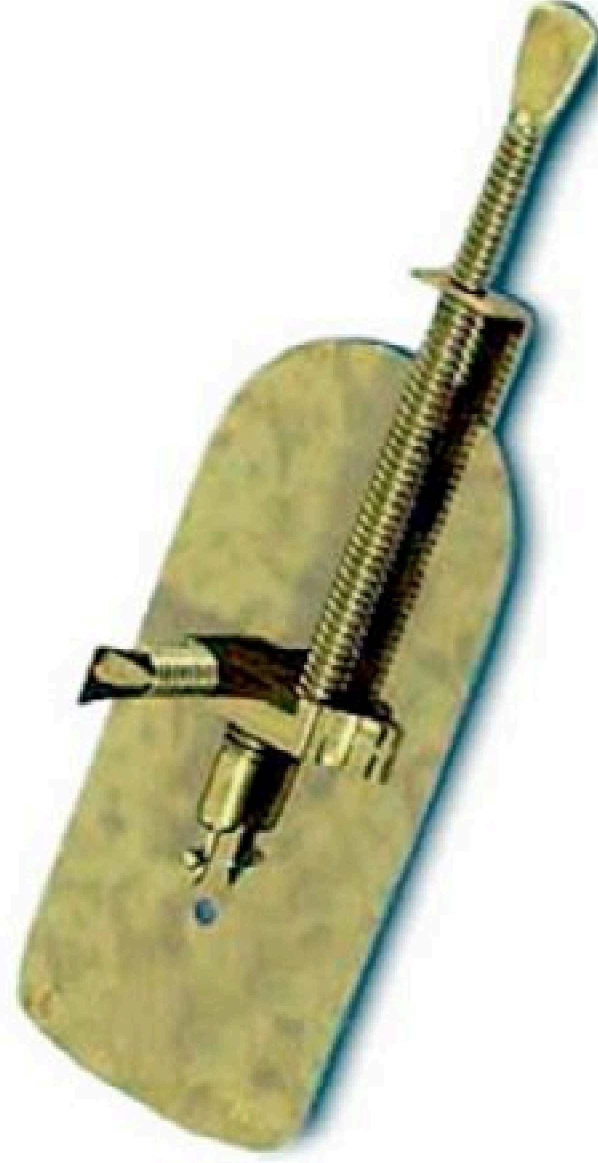
اكتشاف المجهر Discovery of the microscope

في عام ١٥٩٥م، جرب من صناع النظارات هولنديان اثنان ، زاجريا يانسن-Zacharias Janssen (1580-1638) ووالده هانز Hans العدسات الزجاجية في أنبوب، ويعتقد أنهما أول من اخترع المجهر المركب. أصبحت النظارات أكثر شعبية، وصنع يانسن العدسات الزجاجية للعملاء في مدينة ميدلبورغ Middleburg هولندا، من خلال عملهما، اكتشف زاجريا ووالده أنه بالإمكان تضخيم الكائنات إذا وضعت العدسات على طرفي نقيض من اثنين من الأنابيب التي يمكن أن تنزلق داخل بعضها بعضاً، وكان طول الجهاز حوالي ٠,٨ متر (٢,٥ قدم) عند الامتداد تماماً، ومماثلة للتلسكوب الحديث، حيث إنها قد تطول، أو تقصر، ويمكن لمجهر يانسن المحمول تكبير صورة إلى ما يصل إلى ثلاث مرات عندما يكون مغلقاً تماماً، وتصل إلى تسع مرات في الحجم في حالة التمدد الكلي، وفتح المجهر إلى عالم الميكروبات (بكتيريا) غير المرئي، وأدى إلى اكتشاف البكتيريا في القرن التالي.

في عام ١٦٠٩م غير غاليليو غاليلي إستدارة عدسات تلسكوب يانسن وأصبح أول شخص يراقب السماء من خلال التلسكوب.

كان روبرت هوك Robert Hooke (1635-1703) أمين التجارب في الجمعية الملكية في لندن، وقام بتحسين تصميم مجهر يانسن المركب لتكبير الأجسام لتصل إلى ٣٠ مرة من حجمها الفعلي. في عام ١٦٦٥ نشر هوك كتاب Micrographia ، مع رسومات مفصلة عن الكائنات، بما في ذلك التفاصيل الدقيقة لتكبير شريحة من الفلين، التي وصفها بأنها "خلايا" ينظر إليها من خلال المجهر. شاهد هوك أيضا الكائنات الحية الصغيرة في قطرة ماء، وهي

نظرية طرحها قبل ٦٠٠ سنة من ابن سينا في بلاد فارس. كان كتاب هوك من أكثر الكتب مبيعا، وساعد العلماء على اكتشاف البكتيريا.



شكل ١١,٣ مجهر يوينهويك ولا يقارن بالمجهر الحديث، ومع ذلك مع العناية والمهارة، كان قادرا على رسم رسومات دقيقة من كل شيء من الدم إلى البذور.

بعد قراءة كتاب Micrographia أصبح أنتوني فان ليوينهويك Leeuwenhoek (1632-1723) مفتوناً بالمجهر صنع تاجر النسيج الهولندي مئات من المجاهر، ووصل في التكبير إلى ٢٠٠ مرة من الحجم الطبيعي مع الوضوح والسطوع، وكانت أجهزته تحتوي على عدسة واحدة، وكانت أشبه النظارات المكبرة من المجاهر، وكانت مواهب يوينهويك في كيفية تهذيب العدسات المنحنية، وعملية التلميع، والتحكم الجيد بالاضاءة، وكان يمكنه أن يضع عينة على آلته وزيادة التكبير من خلال ربط اثنين من البراغي (انظر الشكل ١١,٣)، وكان الجهاز يتجاوز ٨-١٠ سم (٣-٤ بوصة) في الطول، ويوضع بالقرب من العين. كان يوينهويك قادراً على دراسة كل شيئ من الماء إلى الفلين، والدم، والأعصاب البصرية، والبذور، وكشاطات الفم، وحتى الطفيل داخل المن.

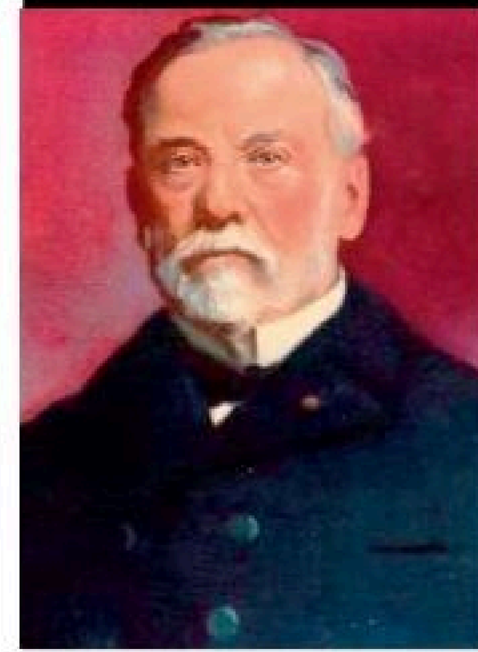
أمضى يوينهويك ٥٠ عاما يراقب ويسجل ملاحظاته على التجارب بدقة مع المجهر الصغير، كما بعث الرسائل. مع العينات المحفوظة إلى الجمعية الملكية في لندن لتسجيل استنتاجته، وبشكل مدهش، تم العثور على عينات يوينهويك في عام ١٩٨١ ضمن أرشيف الجمعية الملكية من قبل بريان فورد Brian Ford، الأستاذ بجامعة كارديف. قيّم فورد العينات باستخدام تقنيات المجهر الحديث، ووجد أن عمل يوينهويك كان دقيقاً جداً، في التنفيذ ودقة الوصف، وأشاد بريان فورد بعمل يوينهويك الذي مضى عليه ٣٠٠ عام: "عمل [يوينهويك] الدقيق

في إبداء الملاحظات الجديدة، وفي جمع مستويات جديدة من الفهم في المجال البيولوجي، قد أعطاه دوراً فريداً في تشكيل طرق علمية في كل ما ذكره في رسائله [٨] .

في رسائله إلى الجمعية الملكية في لندن، وصف يوينهويك المواد التي أزالها من أسنانه الخاصة " بأنها عديدة وصغيرة جداً، وحيوانات ذات حركة جميلة جداً." كما أعطى وصفا لبناء وحركة هذه الأجسام – في أول اكتشاف وتسجيل للبكتيريا [٩].لقد فتح عمل يوينهويك الباب للآخرين لفهم العلاقة بين المياه والبكتيريا والمرض.

الأوبئة والمجهر Epidemic and the microscope

حتى القرن الثامن عشر، اعتقد معظم الناس أن سبب الأمراض إما عن طريق الأرواح الشريرة، أو عن طريق الجو السيئ المعروف باسم مستنقع Miasma (كلمة يونانية تعني "التلوث"). تنسب الأوبئة إلى السموم من الهواء الفاسد الناشئ في "باطن الأرض". (هواء باريس السيئ كان مصدر قلق صحي خطير جدا خلال أشهر الصيف، وكان واحداً من الأسباب التي استخدمت من قبل فرساي لمعالجة لويس الرابع عشر). وكمثال آخر، استشهد أيضاً بمستنقع واشنطن دي سي مرات عديدة لاعتبار الموقع عاصمة وطنية في أواخر القرن السابع عشر.

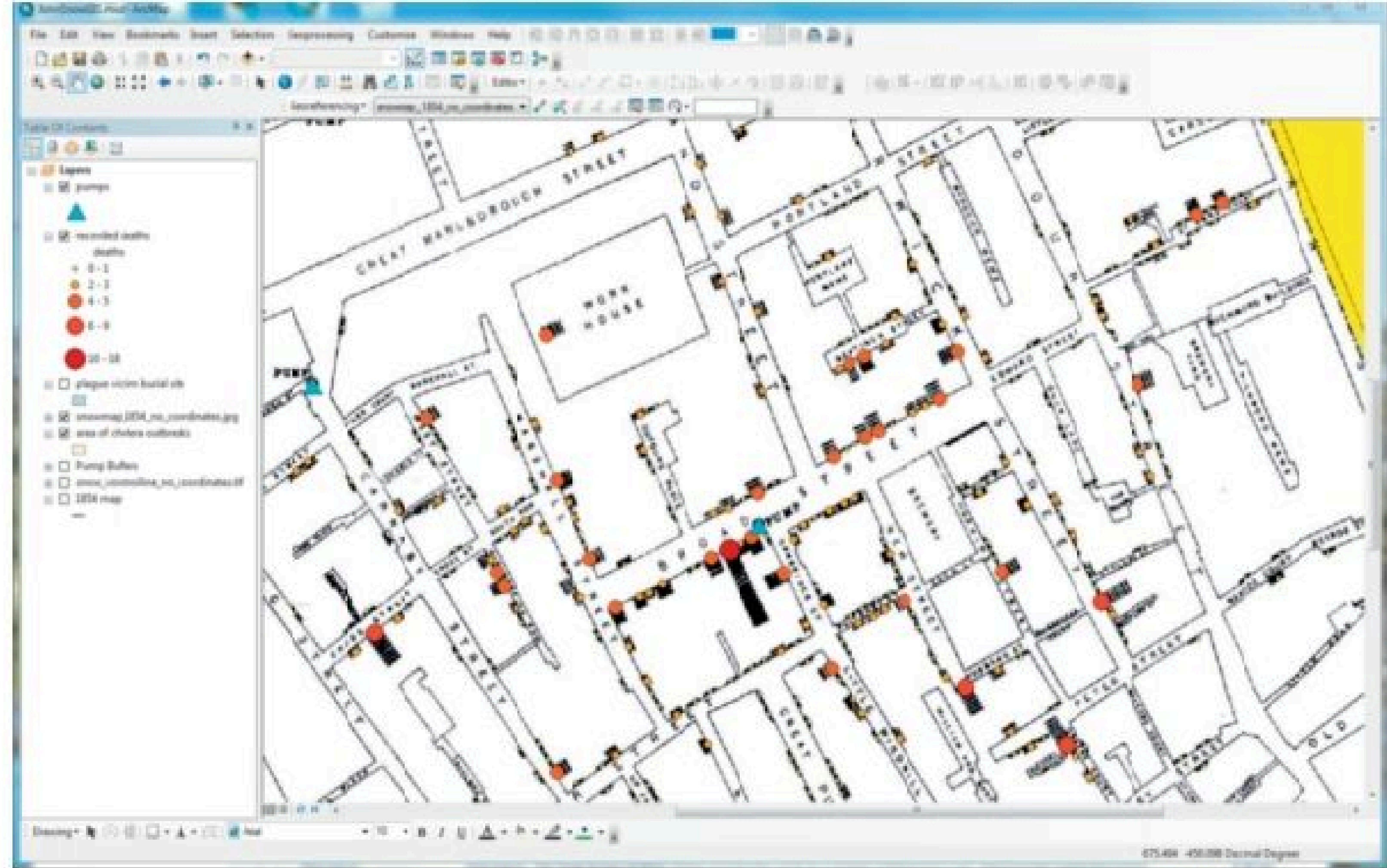




شكل ١١،٤. ساعد عالم الميكروبيولوجي والكيميائي لويس باستور **Louis Pasteur** على حل أسرار عن كيفية انتشار الأمراض.

في المقابل، يعتقد لويس باستور Louis Pasteur (1822-1895)، العالم الفرنسي الشهير (انظر الشكل ٤ , ١١)، وعدد قليل من الآخرين أن الجراثيم موجودة وتسبب المرض، وليس المستنقع، ومع ذلك. فإن معظم العلماء والأطباء لا يوافقون على ذلك الاستنتاج. في عام ١٨٥٤، لاحظ الدكتور جون سنو John Snow (1813-1858) انتشار وباء الكوليرا القاتل في الأحياء المجاورة له في لندن. كان سنو مقتنعاً بأن الجراثيم في إمدادات مياه الشرب العمومية هي السبب في انتشار المرض، كان وحيداً تقريباً في نظريته، حيث الغالبية تلوم المستنقع miasma .

استخدام د. سنو مهاراته بوصفه طبيباً وباحثاً جنائياً المجهر لتحديد مصدر وباء الكوليرا. خلال وباء عام ١٨٥٤ سار سنو حول الأحياء المجاورة في لندن. يجري المقابلات مع أسر الضحايا، ويسجل الموتى على موقع خارطة الشارع (انظر الشكل ٥ , ١١). اكتشف أن معظم الضحايا لقوا حتفهم على مسافة قصيرة من مضخة مياه على شارع برود Broad St، حيث يحصلون على مياه الشرب، وعلى النقيض من ذلك لا حالة وفاة وقعت بين العمال السبعين الذين يعملون في شارع برود في مصنع البيرة في مكان قريب. هذه النتيجة لم تكن مفاجئة بالنسبة للدكتور سنو؛ لأن عمال مصنع البيرة لا يشربون الماء من المضخة بشارع برود، حيث يمنحون بدلاً ذلك حصة يومية من البيرة مجاناً (مع الماء المغلي الذي تم خلال عملية التخمير)



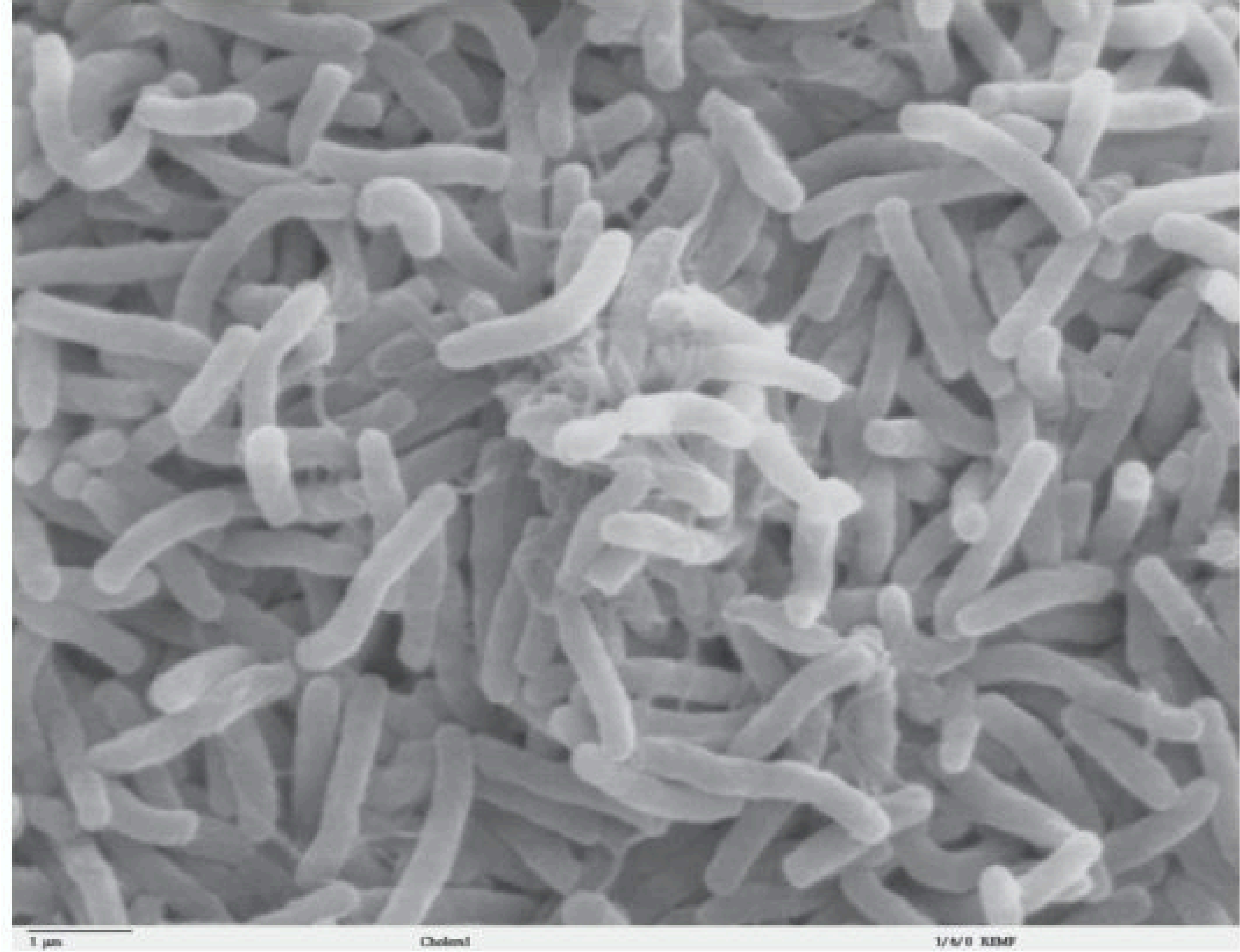
شكل ١١,٥. جزء من خريطة جون سنو John Snow لوباء الكوليرا لعام١٨٥٤ في وسط لندن. كان باحثاً دقيقاً وحافظ على السجلات.

وفاة شخصين لا تتبع نمطاً معيناً، مما أثار استغراب سنو، انتقل إلى مسافة أطول لزيارة الأسر، ووجد أن الضحايا شربوا الماء من المضخة على شارع برود؛ لأنهم يفضلون طعمها عن المياه المحلية المصدر، وكان أحد الخدم يستخدم عربة لنقل وعاء كبير من الماء كل يوم لعدة شهور إلى المصابين المتوفين.

استخدام العالم سنو المجهر للتأكد من وجود بكتيريا الكوليرا في مياه الشرب من مضخة شارع برود، ووجد جسيمات بيضاء. رسم سنو المتوفين على الخريطة، ومواقعها تشبه أهداف بندقية جيدة وتتجه إلى مضخة المياه في شارع بورد. أقنع سنو مجلس المدينة لتفقد بئر المياه ومعرفة نقاط الضعف التي تسمح بالتلوث بالمدينة، ووجد مفتشو المدينة بأن البئر جيد، وصلب، ولكن خط الصرف الصحي أقل في الارتفاع من البئر، وبعيداً نحو ٣ أمتار (١٠ أقدام). مرة أخرى، فإن المفتشين أهملوا نظرياته، ولكن سنو لم يستسلم.

علم الدكتور سنو أن طفلاً توفي في منزل مباشرة وراء مضخة شارع بورد. تمت مقابلة والدة الطفل وعلم أنها كانت تنظف حفاضات الطفل القذرة، وترمي الأوساخ في حفر تبعد متراً واحداً (٣ أقدام) عن بئر الماء، وتم فحص النظام بأكمله، ووجد أن الطوب الخارجي للبئر تصدع، والنفايات من البيارة تتسرب إلى البئر، فعُثِرَ على مصدر التلوث.

في عام ١٨٤٩، وجد غابرييل بوجيت M. Gabriel Pouchet بكتيريا الكوليرا، Vibrio cholerae، في براز مرضى الكوليرا، ولكن لم يعترف بأهميتها [١٠]. نشر عالم التشريح الإيطالي، فيليبو باسينو Filippo Pacini، في الواقع مقاله "ملاحظات مجهرية والفحوصات المرضية على الكوليرا" في عام ١٨٥٤ مع أربع نشرات متتالية جميعها تثبت بشكل صحيح بأن مسببات الكوليرا عن طريق البكتيريا وحدد العلاج بشكل صحيح، تم تجاهل كل من ذلك من المجتمع العلمي، بين عامي ١٨٤٩ و ١٨٦١، وتوفي أكثر من مليون شخص من وباء الكوليرا في روسيا وأوروبا [١١].



شكل ١١,٦. المسح الضوئي الإلكتروني لبكتيريا الكوليرا Vibrio ch من الممكن اليوم أن يحل لغز الكوليرا دون هذه التكنولوجيا بشكل أفضل العلماء والباحثون.

كان وزير الداخلية في المملكة المتحدة، اللورد بالمرستون Palmerston، عرف بأن البيئة أدت إلى وباء الكوليرا. اقترح عندما طلب منه تحديد يوم وطني للصوم، والتضرع لله، والصلاة لوقف وباء الكوليرا، بأنه من الأفضل إطعام الفقراء، وتطهير البيارات، وتهوية المنازل، وإزالة مصادر العدوى [١٢]. أعاد روبرت كوخ Robert Koch اكتشاف البكتيريا في عام ١٨٨٤ ونشر ما قام به، ومرة أخرى سخر من استنتاجاته من قبل أعضاء المجتمع العلمي، وعلى الرغم أن العلماء قد اشتبهوا بوجود عوامل حيوية مختلفة مسببة للمرض قبل ذلك العصر، لم تقبل

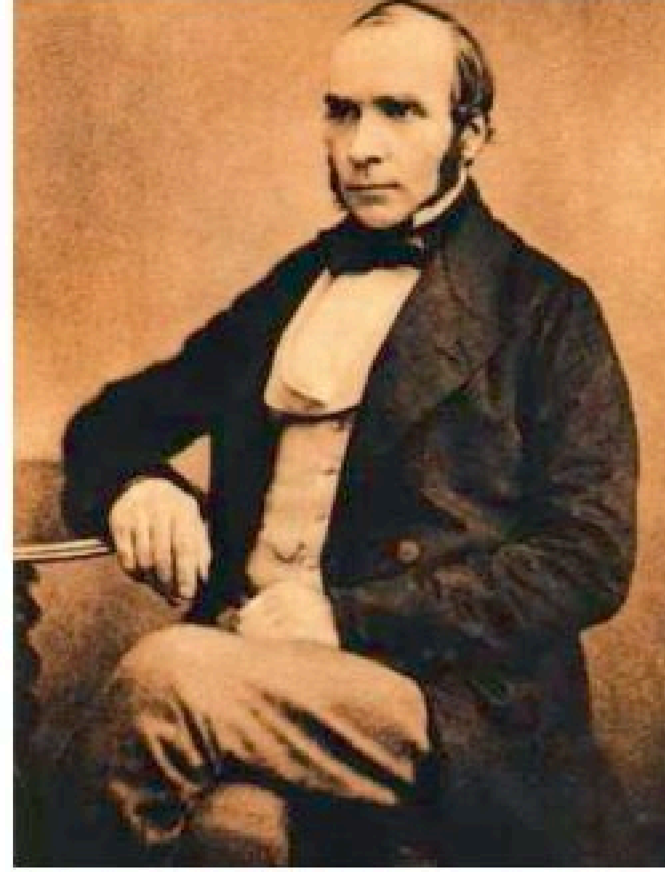
نظرية جرثومة المرض حتى نشر كوخ مسلماته في عام ١٨٩٠ [١٣]. التقنية اليوم – مثل إلكترون المسح الضوئي المجهري – يسمح لنا بأن نرى بكتيريا *Vibrio cholera* (انظر الشكل ٦ , ١١). عمل سنو ونظرياته، وتقنياته لا تزال مستخدمة من قبل علماء الأوبئة الحديثين [١٤]. كان اللورد بالمرستون محقاً أيضاً بشأن التغذية والنظافة كأساس للصحة الجيدة، وبالتوازي مع اكتشاف المجهر، جرب المخترعون مجموعة واسعة من أساليب تنقية المياه. السير فرانسيس بيكون (Sir Francis Bacon 1561-1626)، وهو عالم وفيلسوف بريطاني، جرب التصفية، والغليان، والترشيح في محاولة لتنقية مياه المحيطات، وقد حاول العلماء طويلا تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة حيث تقضي السفن وقتا كبيراً في المحيط والبحث عن موارد المياه العذبة في الرحلات البحرية. كان للسير بيكون فرضية بسيطة – إذا حفر حفرة على طول شاطئ المحيط، فحبيبات الرمل الثقيلة من شأنها أن تمنع الملح من المرور إلى أعلى بالحفرة على الشاطئ، في حال نجاحها. سوف يكون البحارة قادرين على الحصول على المياه العذبة الصالحة للشرب من الحفر المحفورة على طول الشواطئ، ونحن نعلم أن مفهوم بيكون كان خطأ، لكن الفكرة قادرن الآخرين لتجربة أساليب الترشيح بالرمال على المياه العذبة لتحسين الطعم والرائحة.

حارة د. سنو في لندن القديمة تحتوي على شيئين أسهما في عمله،كلاهما يقعان على شارعي لكسينغتون Lexington و برودويك Broadwick (تم تغيير اسم الشارع من "برود"). الأول هو نسخة طبق الأصل من مضخة شارع برود – ناقص مقبضها (انظر الشكل ١١,٧). والثاني هو حانة "جون سنو" في شارع برود – في حي سوهو في لندن – بالقرب من محطة سيرك بيكاديللي بالقرب من مترو الأنفاق،تحتوي على صور مختلفة، وتقع في موقع تاريخي للمضخة – علامة خارج الحانة تعين موقعها. كل التحية للدكتور جون سنو، الأب لعِلم الأوبئة (انظر الشكل ١١,٨) [١٥].



شكل ١١,٧. النصب التذكاري لجون سنو وحانة في شارع برودويك Broadwick، لندن.

(Photograph by Justinc at http://en.wikipedia.org /)



شكل ١١,٨. الدكتور جون سنو، ١٨٥٧، الأب لعلم الأوبئة الحديثة.

في عام ١٦٨٥، بعد سنة واحدة من اختراع ميوينهويك المجهر في هولندا، نشر الطبيب الإيطالي أنطونيو لوك بورزيو Porzio تفاصيل أول طريقة للترشيح متعدد الرمل، عمل بورزيو على طرق الصرف الصحي للجنود المقاتلين في الحرب النمساوية التركية لعام ١٦٨٥. اقترح ترشيح المياه من خلال الرمل لتوفير مياه الشرب النقية للقوات، وقد طبع عمل بورزيو في مجلة الجندي vade mecum (من المعنى اللاتيني "تذهب معي"). ربما كان أول عمل منشور عن الصرف الصحي، ومُقدَّم.

نحو ٢٠عاما بعدها، حوالي عام ١٧٠٣، أوصى العالم الفرنسي فيليب دي لاهير LaHire (١٦٢٠-١٧١٨) للأكاديمية الفرنسية للعلوم أن كل بيت يجب أن يحتوي على مصفى وصهريج لالتقاط مياه الأمطار. يعتقد انه يمكن تخزين المياه المرشحة لسنوات طالما لم تخلط مع أملاح. يعتقد لاهير أيضاً أن لكل شخص الحق الإنساني الأساسي في مياه الشرب النظيفة. كتب بقوة عن الموضوع، وساعد في التشجيع على إنشاء محطات تصفية المياه البلدية،) للأسف، بعد ٣٠٠ سنة لاحقة، لاتزال الأسر في البلدان النامية تنتظر المياه النظيفة والصرف الصحي). في ١٧٤٦، منح فرنسي آخر، جوزيف إيمي Joseph Amy، البراءة الأولى لتصميم مصفي مياه يتألف من الإسفنج والرمال. في عام ١٧٩١. منح المهندس البريطاني جيمس بيكوك James Peacock براءة اختراع على تصفية ماء الغسيل العكسي ذي الخزانات الثلاثة.

في عام ١٨٠٤، أصبحت مدينة بيزلي في أسكتلندا اول مدينة يتم بها توصيل المياه المصفاة إلى جميع سكان المدينة داخل حدوده الحضرية البطيء، يوزع الماء المصفى للأسر من قبل الحصان والعربة. صمم روبرت ثومRobert Thom نظام الترشيح البطئ من الرمال والحصى للمدينة. بعد ثلاث سنوات فقط تم تمديد هذا النظام وتم توصيل المياه المعالجة من خلال الأنابيب لسكان مدينة غلاسكو المجاورة. يعتمد النظام على طبقة من الرمال

والحصى لمنع مرور الملوثات التي تنقلها المياه. على الجانب السلبي، كانت طبقة التصفية كبيرة جدا، وتملأ بسرعة بالرواسب وغيرها من المواد المقيدة، وهذا يتطلب تنظيفاً مكثفاً ومتكرراً أو استبدال الطبقة، الأمر الذي يتطلب معاول وعملاً بدنياً كبيراً.

وبعد عامين، في ١٨٠٦، بدأ نظام تصفية ومعالجة المياه العمل به في باريس، وسمح لمياه نهر السين بالاستقرار في الأحواض لمدة ١٢ ساعة قبل الدخول في عملية التصفية (التصفية برمال النهر الخشنة، والرمل النظيف، والفحم النباتي الذي يغير كل ست ساعات). في عام ١٨٢٧، أنشأ العالم الإنجليزي جيمس سيمبسون James Simpson تصميماً مشابهاً لخدمة جزء من لندن. استخدمت عملية التصفية الرملية البطيئة بسرعة بالعديد من المدن الكبيرة في اوربا والعالم.

في القرن الثامن عشر، تم إجراء العديد من التجارب على المرشحات الرملية في انجلترا، وفرنسا، وألمانيا، وروسيا، والولايات المتحدة. أول نظام للترشيح الرملي البطيء بني في الولايات المتحدة في ريتشموند، فيرجينيا، في عام ١٨٣٢، وبه ٢٩٥ من المشتركين، والنظام الثاني كان في إليزابيث، نيو جيرسي، في عام ١٨٥٥، بعد عام من إنتشار وباء الكوليرا في لندن.

لماذا أسكتلندا؟ ولم يكن من قبيل الصدفة أن أول محطة معالجة للمياه البلدية صممت في أسكتلندا. فترة التنوير الأسكتلندي، من ١٧٠٧ حتي ١٨٠٠، وكان وقتاً عظيماً للمجتمع الأسكتلندي، حيث حصلت تطورات لا تصدق في مجالات مختلفة من العلوم، والآداب والثقافة وحقوق الإنسان. وأصبح التعليم إجبارياً في أسكتلندا منذ عام ١٤٩٦، ويظهر القيمة التي يوليها المجتمع الأسكتلندي على التعليم. ساعد المفكرون المؤثرون والمبتكرون في تنمية المجتمع الأسكتلندي والعالم خلال تلك الفترة. وبالإضافة إلى ذلك، كانت الجامعات الاسكتلندية قوية وتعتبر مؤسسات فكرية. لم يكن عن طريق الصدفة التي أصبحت فيه مدينة غلاسكو، أسكتلندا، أول مدينة في العالم توفر فيه المياه لجميع سكانها.

من كل جميع الأمم الصغيرة على هذه الأرض، ربما فقط الإغريق تجاوزوا الأسكتلنديين في مساهمتهم في حياة أفضل للبشرية "السير ونستون تشرشل، رئيس وزراء المملكة المتحدة.

مرة أخرى في أوروبا، تم إنشاء شبكة من مجالس الصحة العامة في فرنسا عام ١٨٤٩، وهو العام نفسه الذي انتشر فيه وباء الكوليرا. وقتل ٥٠٠٠ في مدينة نيويورك. في عام ١٨٥٢، مرر قانون المياه الحضرية في لندن، قبل عامين من وباء الكوليرا في شارع برود. يتطلب القانون تصفية جميع مياه الشرب في منطقة لندن، وكان واحداً من أول الجهود الحكومية لتنظيم إمدادات المياه الصالحة للشرب، وكانت الحاجة إلى تنقية المياه بطريقة أفضل وأكثر فعالية وكفاءة في ازدياد.

في عام ١٨٥٦، حصل هنري دارسي Henry Darcy على براءة اختراع تنقية المياه في فرنسا وإنجلترا، كما عمل دارسي على أنظمة الترشيح الرملي السريع في أمريكا، وسمحت عملية التصفية الجديدة هذه لتدفق اعلى من المياه من خلال المرشحات، واستخدمت طريقة backwashes، أو نفثات الماء، والمحرضين الميكانيكية لتنظيف

مرشحات الرمال والحصي [١٦]. تتطلب طريقة التصفية البطيئة باستخدام الرمل والحصي القاعية مساحات شاسعة من الأراضي لتلبية الاحتياجات المائية للمدن الأوروبية الكبيرة. في عام ١٨٤٩، قامت لندن بمعالجة ١٦٦٦٠٠ متر مكعب (٤٤ مليون جالون، أو ١٣٥ أيكر-قدم) من المياه يوميا، وهذا يتطلب ٥ هكتارات (١٢ أيكراً) من الأراضي التصفية، من عام ١٩٠١، تجاوز احتياجات لندن المائية ٧٥٧١٠٠ متر مكعب (٢٠٠ مليون جالون يوميا، أو ٦١٤ أيكر-قدم)، ومساحة الأراضي المطلوبة لم تكن متوفرة. الترشيح الرملي السريع سرعان ما انتشر في الولايات المتحدة، في مدن في ولاية ماساشوستس تستخدم هذا النوع من التصفية في عام١٨٧٠ [١٧].

في عام ١٨٧٦، تم التحقق من نظرية جرثومة المرض عندما اكتشف الطبيب والميكروبيولوجي الألماني روبرت كوخ Robert Koch البكتيريا الفعلية التي تسبب الكوليرا Vibrio cholerae. حصل على عينة من نهر الألب الملوث في ألمانيا. في عام ١٨٩٤، بدأت جمعية الصحة العامة الأمريكية العمل على توحيد الاختبارات البكتريولوجية حتى يمكن مقارنة النتائج من المختبرات المختلفة للمياه. أدى هذا العمل إلى وجود طرق قياسية لأخذ عينات المياه المستخدمة اليوم في الولايات المتحدة. من عام ١٩٠٠إلى ١٩١٣، انخفض معدل الوفيات بالتيفوئيد في الولايات المتحدة بأكثر من ٥٥ ٪، وانخفضت إصابة الكوليرا بشكل كبير، حيث تمت خدمة عدد أكبر من العملاء بانظمة مياه الشرب المصفاة.[١٨].

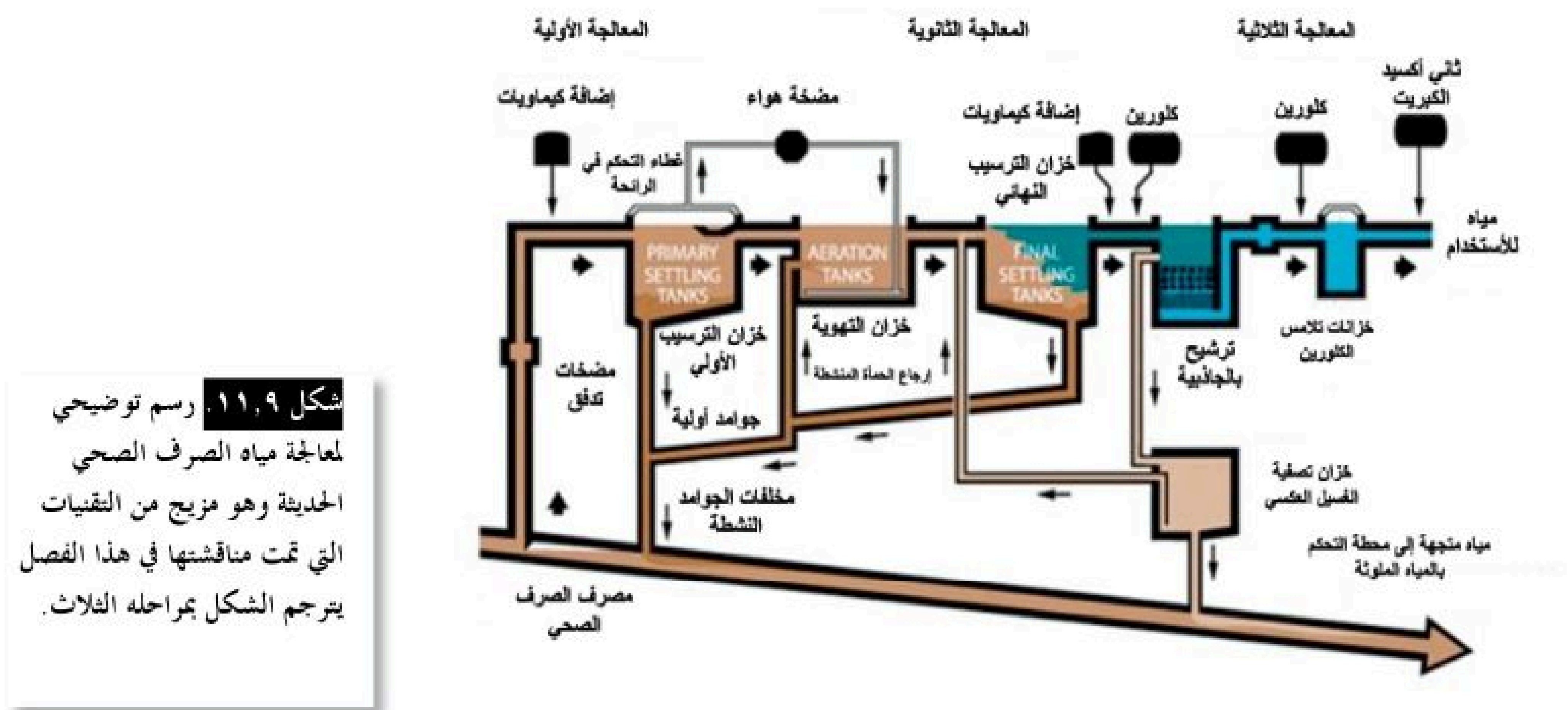
المعالجة بالكلور Chlorine treatment

بالإضافة إلى اكتشاف المجهر وتحسين طرق الترشيح بالرمل أحدثت المعالجة بالكلور ثورة في سلامة مياه الشرب، ففي عام ١٧٧٤ وضعت الصيدلية السويدية كارل فيلهلم سكيل Karl Wilhelm Scheele بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك على قطعة من ثاني أكسيد المنغنيز، انبعث غاز أصفر مخضر (الكلور)، وبعد عدة عقود، اعترف الكيميائي الإنجليزي السير همفري ديفي Humphry Davy بغاز الكلور كعنصر، واقترح في عام ١٨١٠ الاسم من الكلمة اليوناني khloros، أصفر مخضر، وأطلق عليه "غاز كلوريك"، أو "الكلور chlorine " [١٩].

على الرغم من أن تنقية مياه الشرب وفرت فوائد صحية هائلة على مدى السنوات الـ ١٥٠ الماضية، إلا أن شكل استخدام الكلور أكثر من ذلك. في الواقع، لقد تم استخدام الكلور في معالجة مياه الشرب بصورة فعالة ففي عام ١٩٩٧ سَمَّت مجلة الحياة Life معالجة المياه الكلور "ربما أهم تقدم بالصحة العامة في الألفية." في الولايات المتحدة، نُظم معالجة المياه البلدية استخدمت الكلور لأكثر من ١٠٠سنة، ويستخدم من قبل ٩٨ ٪ من جميع مرافق معالجة المياه [٢٠].

استخدم الكلور لتنقية المياه أول مرة في إنكلترا في عام ١٨٥٠حيث قام الدكتور جون سنو باستخدام الكلور كمطهر للمياه في مضخة شارع برود في عام ١٨٩٧. استخدم سيمز وودهيد Sims Woodhead محلول الكلور كإجراء مؤقت لتعقيم نظام خط أنابيب توزيع المياه في مايدستون، كينت (انكلترا) وبعد تفشي حمى التيفوئيد. النجاح الكبير الذي حققه العلاج بالكلور في مياه الشرب منع انتشار الكوليرا وأدى إلى اعتماده السريع، في عام ١٩٠٨ في مدينة جيرسي، نيو جيرسي، ومن ثم في جميع أنحاء أمريكا. الكلورة، جنبا إلى جنب مع أنظمة الترشيح الرملي، قضت تقريبا على الأمراض التي تنقلها المياه مثل الكوليرا والتيفوئيد، والتهاب الكبد، والدزنتاريا (وهو مرض يصيب الأمعاء، وسببه عادة من قبل البكتيريا، أو البروتوزوا، وأعراضه الحمى والإسهال الشديد).

كما يوفر الكلور حماية داخل أنابيب نظام نقل المياه، ويمنع نمو الجراثيم في نظام التوزيع، وبالإضافة إلى ذلك، فان الكلور يقضي على الجراثيم التي تسبب الأمراض المنقولة عن طريق المياه، كما أنه يساعد على التحكم في مشاكل الرائحة والطعم من المواد الموجودة بشكل طبيعي، على سبيل المثال إفرازات الطحالب والنباتات المتحللة. تعترف منظمة الصحة العالمية بأن الكلور أفضل ضمان لخلو المياه الصالحة للشرب من الميكروبات [٢١].



شكل ١١,٩. رسم توضيحي لمعالجة مياه الصرف الصحي الحديثة وهو مزيج من التقنيات التي تمت مناقشتها في هذا الفصل يترجم الشكل بمراحله الثلاث.

الترشيح وتعقيم مياه الشرب بالكلور هو المسؤول إلى حد كبير عن زيادة متوسط العمر في الولايات المتحدة بنسبة ٥٠ ٪ خلال القرن العشرين، الشكل ١١,٩ هو مخطط يبين عملية معالجة مياه الصرف الصحي الحديثة.

المعالجة بالأوزون Ozone treatment

حسَّنت إلى حد كبير المعالجة بالأوزون سلامة مياه الشرب، خاصة في أكثر الدول تطورا في العالم. يوجد الأوزون (O_3) بشكل طبيعي في الغلاف الجوي كغاز عديم اللون، ولكن مع رائحة نفاذة جدا، (توفر طبقة

الأوزون في الغلاف الجوي العلوي للأرض توفر الحماية من الإشعاع الشمسي الخطر). يتكون بشكل طبيعي خلال العواصف الرعدية عن تصريف الكهرباء، أو في أي وقت يطلق التفريغ الكهربائي شرارة. في عام ١٧٨٥، العالم الهولندي، مارتن فان ماروم (1750-1837 Martin van Marum)، الذي كان أميناً لجمعية العلوم الهولندية، هو أول عالم معروف الذي وثق وجود رائحة غير عادية في الهواء بالقرب من آلة كهرباء (جهاز كهرومغناطيسي ينتج "الكهرباء الساكنة" عن طريق تحويل كرنك يدوياً). عندما تمر الشرر الكهربائية، الناجمة عن الاحتكاك، بين مجمع المعادن واللوحات، تنشأ رائحة معينة، سمى ماروم Marum هذه الرائحة "رائحة الكهرباء"odor of electricity . في عام ١٨٤٠، أجرى كريستن فريدريش شونباين (1799-1868) Christian Friedrich Schonbein ، أستاذ الكيمياء في جامعة بازل في سويسرا، التجارب بتمرير تيار كهربائي في المياه، سمى المادة الغازية الناتجة "الأوزون" من الكلمة اليونانية ozein، للرائحة.

كانت أول محطة مياه للشرب استخدمت الأوزون للتطهير في أودشيرن Oudshoorn، هولندا، في عام ١٨٩٣ . استخدمت محطة بون فويج Bon Voyage للمياه الأوزون في نيس، فرنسا، منذ عام ١٩٠٦، وغالبا ما يشار إليها باسم "مكان ميلاد الاوزنة لمعالجة المياه." أصبح أسلوب الأوزنة لتنقية مياه الشرب أكثر شيوعا في أوروبا الغربية، على الرغم من أنها كانت عملية أكثر تعقيدا وتكلفة من أنظمة تنقية الرمل السريعة. العديد من الناس يفضِّلون عملية الأوزون على الكلورة؛ لأن غاز الكلور استخدم كمادة كيميائية حربية في الحرب العالمية الأولى، واستخدم الأوزون في الولايات المتحدة في أربعينيات القرن التاسع عشر.

في العمق In Depth

هناك مزايا وعيوب لمعظم طرق معالجة المياه، وفيما يلي قائمة من خصائص الأوزون، جنباً إلى جنب مع المزايا والعيوب [٢٢]:

•الأوزون هو عامل تجميع (يجعل الملوثات الصغيرة تتجمع معا ومن ثم تترسب خارج الماء).يرسب الأوزون الحديد والكبريت والمنجنيز المؤكسد، والمعادن الثقيلة الأخرى، مما يسمح بتصفية العناصر،وهذا يمكن أن يكون من المفيد جدا في المناطق ذات التركيزات العالية من المعادن الثقيلة.

•الأوزون لديه إمكانات الأكسدة أعلى من الكلور، مما يجعله أكثر كفاءة كمطهر. يمكن أكسدة كل البكتيريا، والعفن، وجراثيم الخميرة، والمواد العضوية، والفيروسات.(الطفيليات الشائعة مثل *Cryptosporidium parvum and Giardia* lamblia) هي مقاومة جدا لمعظم المطهرات الكيميائية، ولكن يتم تدميرها بنحو فعال بالأوزنة.

• الأوزون له تأثير إيجابي على إزالة الطلب على الأكسجين الكيميائي COD عن طريق تكسير المركبات المقاومة للحرارة (تكسير المواد الصلبة) وجعلها قابلة للتحلل.

• تزيل المواد العضوية المؤكسدة كل رائحة ولون من المياه، تأتي الروائح عادة من البكتيريا المحللة للمواد العضوية، ويؤكسد الأوزون المواد العضوية ويقتل البكتيريا. اللون الناتج من الأحماض الدبالية، الفولفيك، والتانيك (جميع الأحماض من تحلل المواد العضوية) تكون اللون البني عادة.

• تنتج الكلورة المواد المحتوية على الكلور العضوي – مثل الكلوروفورم ورابع كلوريد الكربون، والميثان، وغيرها، والمعروفة

عموما. trihalomethanes (THMs) الأوزون لا ينتج THMs، مواد THMs قد تصيب هذه المواد المسرطنة المثانة والكلى، وتسبب أيضاً سرطان القولون.

الفعالية – سواء من حيث التكلفة ومعالجة المياه بالأوزنة – قد تجلت في العديد من المدن الكبرى في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك في الولايات المتحدة: أنهايم، لوس أنجلوس، وسان فرانسيسكو، وأوكلاند، وضواحي فيلادلفيا، مدينة نيويورك، مدينة أوكلاهوما،دالاس، الباسو، أورلاندو، وميلووكي [٢٣]. مكسيكو سيتي، برشلونة، سنغافورة، باريس،شنغهاي، وزيورخ تمثل المدن الكبيرة الأخرى التي تستخدم معالجة المياه بالأوزنة.

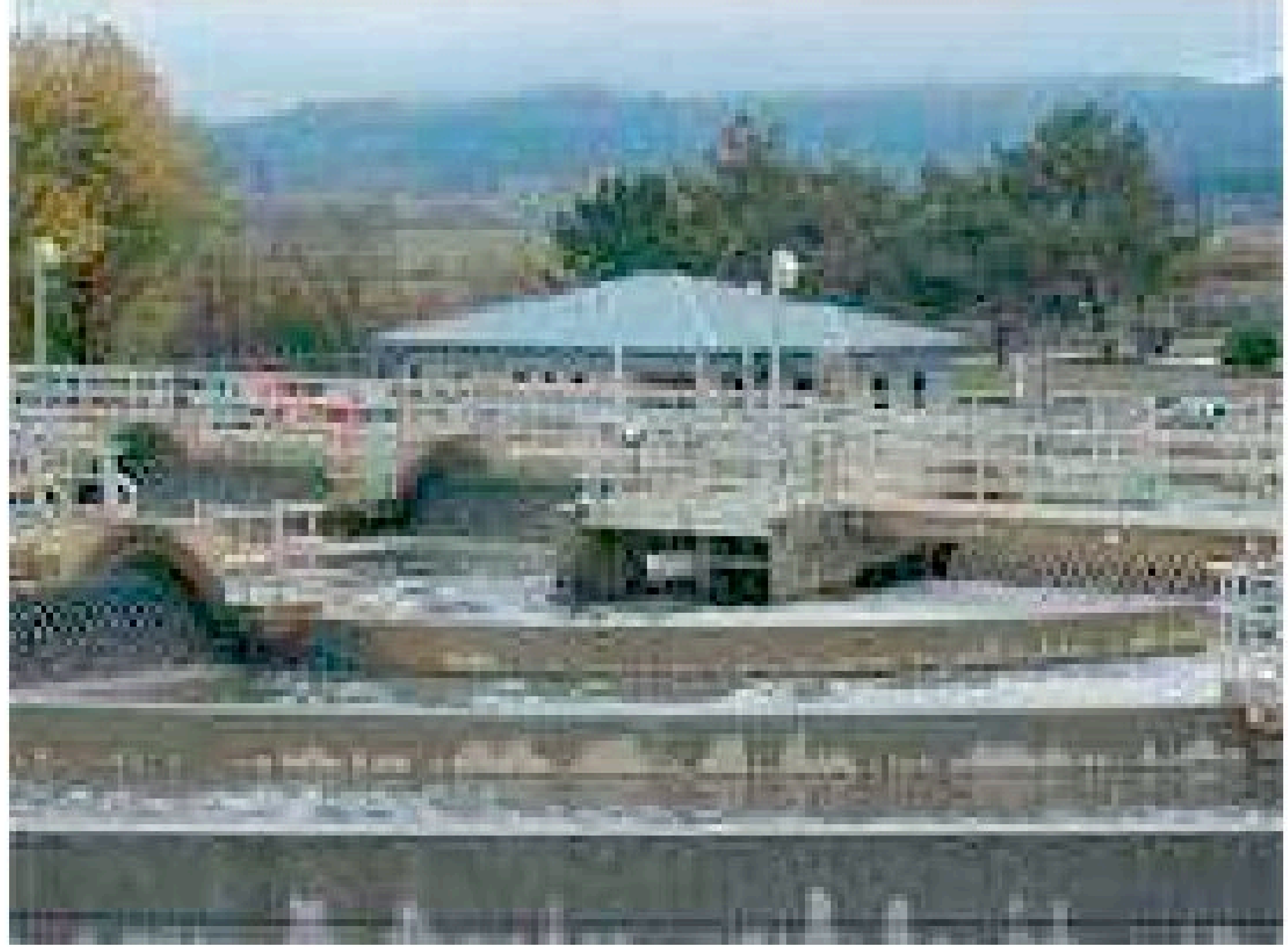
هناك بعض عيوب العلاج بالأوزون:

- **المشغل يجب أن يكون ذا مهارات عالية والصيانة أمر بالغ الأهمية – أكثر مما مع غيرها من الأساليب.**
- **يجب أن تكون النظم مصممة بشكل صحيح لتحقيق أقصى قدر من التعرض للأوزون.**
- **يجب التعامل مع المنتجات الثانوية بشكل صحيح.**
- **الأوزون ضار للغاية وسام، ويجب أخذ تدابير السلامة معه.**
- **بعض من بقايا الكلور دائما مطلوب في شبكات التوزيع.**
- **الأوزون لا يستمر لفترة طويلة في درجات حرارة مرتفعة وكذلك مع والرقم الهيدروجيني العالي.**
- **الأوزون لا يوفر معالجة متبقية.**

يوجد في مدينة لوس أنجلوس، كاليفورنيا، أكبر محطة لمعالجة المياه باستخدام الأوزون (٢,٣ مليون متر مكعب، و ٦٠٠ مليون غالون يوميا، أو ١٨٥٠ أيكر-قدم. وهو الأسلوب الأكثر تلبية اقتصادياً، أو يتجاوز قوانين جودة المياه للولاية والقوانين الفيدرالية لتلك المدينة.

الحماية الفيدرالية لمياه الشرب في الولايات المتحدةFederal protection of drinking water in the US

تستخدم محطات المعالجة الحديثة، مثل تلك التي في دالاس، ولاية أوريغون، الولايات المتحدة (انظر الشكل ١٠, ١١)، مزيجاً من الأساليب لمعالجة مياه الصرف الصحي، ويوجد بالولايات المتحدة أنظمة اتحادية بشأن مياه الشرب والصرف الصحي لسنوات عديدة. في عام ١٩١٤، وافقت وزارة الخزانة الأمريكية على أول معايير للبكتيريا في مياه الشرب. اعتمد العد بكتيريا القولون كمؤشر على التلوث البرازي في الماء، وكان الحد الأقصى ٢ في ١٠٠ ملليلتر، وبحلول عام ١٩٢٠. قضت المعالجة بالتنقية والكلورة على معظم الأمراض التي تنقلها المياه من الشبكات العامة لمياه الشرب في الولايات المتحدة. في عام ١٩٢٥ تم خفض أساليب العد القياسية البكتريولوجية لبكتيريا القولون إلى ١ لكل ١٠٠ ملليلتر بالولايات المتحدة، واعتمدت معايير الرصاص والزنك، والنحاس، والمعادن الزائدة القابلة للذوبان في عام ١٩٤٢ تم اعتماد معايير للفلوريد، والرصاص، والزرنيخ، والسيلينيوم.



شكل ١١,١٠. محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحديثة، مثل هذه المحطة في دالاس، ولاية أوريغون، الولايات المتحدة، يمكن أن تكون فعالة وتنسجم مع المناظر الطبيعية.

بحلول عام ١٩٤٢، نفذت خدمات الصحة العامة بالولايات المتحدة المجموعة الأولى من المعايير لمياه الشرب في البلاد. في عام ١٩٧٤ صدر قانون مياه الشرب الآمن لحماية إمدادات مياه الشرب وحماية الصحة العامة وذلك هو القانون الأساسي الاتحادي في الولايات المتحدة الذي ينظم معالجة مياه الشرب، وتم تعديله في عام ١٩٨٦ و ١٩٩٦ لتوفير مصدر حماية المياه، وذلك لأن الملوثات يمكن أن تنشأ في أي مكان من حوض تجميع المياه.

في الولايات المتحدة يتم تعيين المعايير الصحية في عملية من أربع خطوات: أولاً، يتم تحديد المادة الضارة، يتم من خلال توصيات من العلماء وأبحاثهم، والخطوة الثانية هي لتحديد الحد الأقصى لمقدار المادة التي تعتبر آمنة للاستهلاك البشري. هذا العدد يتضمن هامشاً كبيراً من الأمان لحماية الأفراد المعرضين، مثل النساء الحوامل، والرضع، والأفراد قليلي الوقاية. تستغرق العملية برمتها وقتاً، ويقصد بها أن تكون علمية وقابلة للدفاع عنها ما أمكن، والخطوة الثالثة، اقتراح المستوى القابل للتنفيذ لهذه المادة. هذا قد لا يكون واضحاً بشكل حدسي، ولكن المعايير غير القابلة للتنفيذ لا معنى لها، والخطوة الأخيرة، بعد مراجعة علمية للفعالية والقدرة على التنفيذ. يتم اعتماد المعيار. يبدو أن العملية واضحة، ولكن كل خطوة تتطلب الوقت والمال والخبرة. هناك أوقات عندما يتمنى الجمهور التحرك بشكل أسرع في بعض القضايا، ولكن الأهم وجود معيار يمكن الدفاع عنه علميا.

تشرف وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) أيضا على موردي المياه لضمان الوفاء بمعايير معينة، وعادة ما يتم إعطاء هذه الواجبات الرقابية لحكومات الولايات الفردية. تضع الولايات، من خلال أقسام جودة المياه، المعايير وتعمل بالتنسيق مع وكالة حماية البيئية الأمريكية. USEPA تحتفظ بالحق في رفض توصيات الولاية التي

تعتبر خطأ لأي سبب من الأسباب، وحدد وكالة USEPA مستويات التلوث القصوى الصحية المعتمد عليها (MCLs) للحد من نواتج المطهر، وأيضاً للحد من الملوثات الميكروبية والكيميائية في أنظمة إمدادات مياه الشرب [٢٤].

MCLs هي أعلى مستوى من الملوثات التي يسمح بها في مياه الشرب. يتم تعيين MCLs لأقرب أهداف أقصى مستوى للتلوث (MCLGs) ممكنة باستخدام أفضل تقنيات معالجة متاحة، والنظر في التكلفة، وهي معايير قابلة للتنفيذ.

أقصى مستوى للملوثات المنشود (MCLG) هو مستوى من الملوثات، في مياه الشرب، دونها لا يعرف أو يتوقع أي خطر على صحة الإنسان، وتسمح مستويات MCLGs بهامش أمان، وهي أهداف غير قابلة للإنفاذ للصحة العامة، يعني هامش السلامة في MCLGs القيم متحفظة عليها جدا وربما لا يمكن بلوغه بسبب التكلفة، أو نقص في المعرفة التقنية. يضمن هامش الأمان أن تتم حماية الأفراد من السكان المعرضين للإصابة.

تعترض مستويات التلوث القصوى MCLs لمجموعة واسعة من الملوثات بما في ذلك الكائنات الحية الدقيقة، العكارة، والمواد الكيميائية مثل المطهرات والنواتج الثانوية للمطهرات غير العضوية التي تتراوح بين الزرنيخ والرصاص والأسبستوس، والنترات و المواد الكيميائية العضوية. التي تشمل المبيدات، ورابع كلوريد الكربون الناتج من الصناعة، والهيدروكربونات البترولية، مثل ثنائي البروميد الإثيلين وإيثيل بنزين؛ والنويدات المشعة. على سبيل المثال نظائر اليورانيوم والراديوم، وضعت قائمة MCLs في عملية مستمرة. يمكن إضافة مواد إلى القوائم حسب الحاجة، وهناك قائمة من الملوثات الثانوية التي تؤثر على طعم ورائحة المياه، أو قد تسبب تغيير الألوان، ولكنها ليست مضرة بالصحة العامة، ولا تفرض هذه المعايير، ولكن يوصى بها لتحسين جودة المياه.

قضايا مياه الشرب Drinking water issues

بعض ملوثات الماء طبيعية ومستمرة في الماء طوال الوقت. تقع الملوثات الحيوية ضمن هذا الوصف مع التحذير من أن المشكلة قد زادت مع زيادة عدد السكان وعمليات تغذية الحيوانات المحصورة في الحظائر. المواد غير العضوية تناسب هذا الوصف أيضاً. ومرة أخرى، زادت المشاكل البيئية مع تغيرات النشاطات البشرية – مثل التعدين، وكسارات الصخور لتعبيد الطرق، وبناء الخزان، والاستخدامات الصناعية الكثيرة. هناك مجموعة واسعة من الأسمدة الطبيعية، ولكن مشاكل جودة المياه أصبحت قضية مهمة مع انتشار استخدام الأسمدة

المصنعة والمواد الكيميائية العضوية المثيرة للقلق التي تنتج من قبل البشر. أصبحت المواد المشعة مثيرة للقلق بعد ما تعلم البشر معالجة مثل هذه المواد.

الملوثات الحيوية Biological contaminants

نوقشت في الفصل الرابع الكائنات المسببة للأمراض والطفيليات والبكتيريا والفيروسات والكائنات الحية الدقيقة وغيرها. في العصر الحديث تتفشي الأمراض بشكل كبير من هذه الكائنات لأنها تدخل إمدادات المياه في المقام الأول من مياه الصرف الصحي والوحدات الحيوانية المحصورة في الحظائر. كلما ازداد عدد السكان والازدحام، فالأرجح أن محطات معالجة المياه العادمة في الدول المتطورة ستتعرض للفشل، كما أنه من المرجح أن الدول النامية لن يكون بها مصارف صحية، أو معالجة لمياه الصرف الصحي. الناس في الدول المتطورة من المحتمل أنهم يمتلكون حيوانات أليفة تترك أوساخها على المروج والحدائق والمنتزهات، وتجذب برك الماء في الحدائق الاوز والطيور المائية الأخرى التي تترك أكواماً كبيرة من الأوساخ لدرجة أن المشي عليها يكون عقبة بالطبع.

الكائنات الحية المسببة للأمراض الأكثر انتشارا في أكثر البلدان نمواً هما *Cryptosporidium parvum* and *Escherichia coli*. الوباء الاكثر انتشار حالياً يشمل الكريبتوسبوريديوم *Cryptosporidium*، وهو طفيل مجهري وحيد الخلية الذي هو ٢٠ مرة أصغر من عرض شعرة رأس الإنسان، يمكن أن يبقى الطفيل على قيد الحياة لمدة شهور في الماء، ومقاوماً للكلورة. ينتشر الكريبتوسبوريديوم على نطاق واسع في الطبيعة، حيث عثر عليه في البشر والماشية والأغنام والكلاب والقطط والغزلان، وحيوانات الراكون والثعالب والقندس والأرانب والسناجب، وغيرها من الحيوانات. يحدث تلوث لمصدر المياه في أي مكان من حوض التجميع وخاصة بعد ذوبان الثلوج، أو الأمطار الغزيرة، وقعت أكبر حادثة لتفشي المرض التي تنقلها المياه في الولايات المتحدة في ميلووكي، ويسكنسن، في عام ١٩٩٣ وتوفي ١٠٠ شخص، و٤٠٠ ألف أصيبوا بالمرض من انتشار الكريبتوسبوريديوم. عندما تلوثت واحدة من أنظمة ترشيح ومعالجة المياه في المدينة بمياه الصرف الصحي الخام، كانت التكلفة لتحسين محطات المعالجة في ميلووكي بنحو ١٠٠ مليون دولار أمريكي، وبلا شك سوف تحتاج العديد من المدن الأخرى إلى تحسينات مماثلة [٢٥]. في عام ١٩٩٦، أُصيب أكثر من ٢٠٠٠ شخص بالمرض خلال وباء مماثل في مدينة كرانبروك، كولومبيا البريطانية الكندية، وبعد بضعة أسابيع أصيب أكثر من ١٠ الاف بالمرض في كيلونا، كولومبيا البريطانية.

مرض البكتيريا القولونية *Escherichia coli* هو نوع من البكتيريا التي توجد عادة في أمعاء الحيوانات، بما في ذلك البشر. وفقا لUSEPA، فإن وجود بكتيريا *E.coli* في المياه هو مؤشر قوي على وجود مياه الصرف الصحي، أو التلوث بالنفايات الحيوانية، ومع ذلك، ليس كل سلالات البكتيريا القولونية مضرة بالإنسان. السلالة *E. coli* O157:H7 هي واحدة من مئات من السلالات القولونية الضارة التي تنتج مادة سامة قوية يمكن أن تسبب المرض الخطير للإنسان. في عام ٢٠٠٠، توفي سبعة أشخاص بالمرض وأصيب ٢٣٠٠ شخص في مدينة ولكرتون، أونتاريو، من مياه الشرب الملوثة بسلالة *E. coli* O157:H7. الأمطار الغزيرة تسبب على ما يبدو من تحرك السماد من حظائر الحيوانات المحصورة إلى الصرف ومن ثم إلى الآبار غير المحصنة جيداً. تستخدم حظائر الحيوانات تقنيات حديثة في مجال إدارة النفايات، ولكن كما يتضح إمكانية حدوث التلوث [٢٦].

الكيماويات غير العضوية Inorganic chemicals

تسمى المواد الكيميائية التي توجد بشكل طبيعي، ولكن قد تم الحصول عليها بالتنقيب، والصقل، وزيادة التركيز من قبل البشر بالمواد الكيميائية غير العضوية، وتشمل هذه السيانيد، والفلورايد، والمعادن الثقيلة مثل الرصاص. يستخدم أحياناً السيانيد عند معالجة خام الذهب، أو الفضة، يخلط سيانيد الصوديوم مع الصخور المطحونة الناعمة، ثم يضاف الزنك لترسيب الزنك، والذهب، أو سيانيد الفضة. تتم معالجة الرواسب مع حامض الكبريتيك لإزالة الزنك، وتترك هذه العملية برمتها وراءها سائلاً ثقيلاً من النفايات التي يجب التعامل معها بشكل صحيح. في بعض الحالات يتم رش مادة السيانيد على أكوام الصخور المطحونة التي تتعرض للطقس المتغير، وقد تكون الأضرار الناجمة عن تلك الممارسات الواسعة الانتشار خطيرة، ويمكن أن تستمر لسنوات إذا لم يكن هناك محاولة للاستصلاح.

في العمق In depth

أصبح استصلاح أراضي التعدين في الولايات المتحدة إجبارياً وفقا للقانون العام ٩٥-٨٧، وقانون استصلاح التعدين السطحي والسيطرة عليها لعام ١٩٧٧، ومع ذلك، في بلدة صغيرة هي Zortman، مونتانا انسكب ٥٢ جالون نفايات منجمية وهي ملوثة بالسيانيد إلى إمدادات مياه الشرب في عام ٢٠٠٠. ومن المثير للاهتمام، تم اكتشاف التسرب عندما اكتشف أحد عمال المنجم رائحة السيانيد قادمة من الصنبور [٢٧].

رفعت دعوى قضائية ضد أصحاب المنجم في ١٩٩٠من قبل USEPA ، وقبائل فورت بلكناب، وولاية مونتانا لانتهاكات متعددة لجودة المياه. في عام ١٩٩٧ وافق أصحاب المناجم على بناء محطة أخرى لمعالجة المياه – بين أمور أخرى – ولكن النتيجة الحقيقية كانت إفلاس الشركة، ترك هذا مشروع قانوناً بقيمة ٣٣ مليون دولار أمريكي للاستصلاح، وقدرت ولاية مونتانا أن معالجة المياه يجب القيام بها لى الأبد؛ لأن الضرر شديد جدا.

مادة كيميائية أخرى غير عضوية مفيدة هي الفلورايد، حيث يوجد بصورة طبيعية بالماء من عملية تجوية المعادن، يضاف الفلوريد إلى مياه الشرب في العديد من المجتمعات المحلية للمساعدة في صحة الفم وفي مكافحة تسوس الأسنان، مدى مناسبة الفلورايد للانسان يعتمد على مقدار تركيزه في مياه الشرب، هنا، مرة أخرى، مقدار الجرعة تحدد السمية.

العنصر الثقيل الآخر الذي يجب أخذه بالاعتبار من المعادن الثقيلة هو الرصاص، مياه البحيرات والجداول المائية لا تحتوي على الرصاص عموماً، ولكن المنازل التي بنيت قبل عام ١٩٣٠ من المحتمل أن تحتوي على أنابيب مصنوعة من الرصاص. المنازل التي شيدت بين عامي ١٩٣٠ و ١٩٨٦ تحتوي على أنابيب النحاس، ولكن مع وصلات من الرصاص، في عام ١٩٨٦، حظرالكونغرس الأميركي استخدام لحام يحتوي على أكثر من ٠,٢ ٪ من الرصاص، ويجب ألا يزيد تركيز الرصاص عن ٨٪ في جميع الحنفيات، والأنابيب، والتوصيلات [٢٨] .

الأسمدة Fertilizers

قد يكون النيتروجين المضاف للأغراض الزراعية، والحشائش، وملاعب الجولف، وبالإضافة إلى النفايات من عمليات معالجة مياه الصرف الصحي، مصدر قلق خطير في مياه الشرب. النترات صورة النتروجين المؤكسد (NO_3) - يمكن أن تغسل إلى المياه الجوفية، أو المياه السطحية من حظائر الحيوانات المحصورة، و الحقول الزراعية، وأنظمة بيارات الصرف الصحي –وبشكل أساسي في أي منطقة يضاف لها الأسمدة النيتروجينية (انظر الشكل ١١,١١). تساهم التركيزات عالية من النترات (وفقا USEPA MCL 10ppm) بشكل عفوي بالإجهاض ووفيات الرضع من مرض methemoglobinemia (متلازمة الطفل الأزرق).

شكل ١١,١١. يمكن للنترات أن تدخل أنظمة المياه، بما فيها المياه الجوفية، من خلال مسارات عدة.

(Image courtesy of USGS)

يوجد الحديد في الهيموجلوبين الطبيعي في حالة مختزلة (الحديدوز) حيث ينقل الأكسجين إلى جميع اجزاء الجسم. يمكن للنترات أكسدة الحديد إلى الحديديك ومنعه من نقل الأكسجين. يمكن ان يتحول لون الرضيع إلى اللون الأزرق نتيجة لنقص الأكسجين، وقد يموت إذا لم يتم علاجه وتقع هذه المشكلة خاصة في المناطق الريفية ذات التربة الزراعية، وفي المجتمعات النامية مع بيارات أنظمة الصرف الصحي. احتواء المياه الجوفية على تركيزات عالية من النترات قد يصبح مشكلة في أي مكان يستخدم فيه النتروجين كأسمدة، وحيث تتم معالجة النفايات البشرية بطريقة يوفر طريقا جيدا لتحرك النترات إلى المياه الجوفية.

المواد الكيميائية العضويةOrganic chemicals

تعرف المواد الكيميائية العضوية بأنها تلك المواد الكيميائية التي تحتوي على الكربون التي تم إنشاؤها من قبل البشر في المختبر أو بعملية كيميائية، ومن الأمثلة على ذلك المذيبات الصناعية مثل TCE (ثلاثي كلورو الإيثان)، والمبيدات الحشرية مثل DDT (ثنائي الكلور ثنائي الفينيل ثلاثيكلور الايثان)، PCB (مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور)، والديوكسين. في عام ١٩٦٢وضع مكتب خدمات الصحة العامة بالولايات المتحدةحدودا لمعايير مياه الشرب، للمرة الأولى، لجميع المواد العضوية بما في ذلك الاصطناعية والطبيعية، سامة وغير سامة، ومع ذلك، لم يكن حتى عام ١٩٧٦ أن نشرت USEPA حدود المواد العضوية المصنعة لمنع التلوث من هذه المركبات. تحتفظ USEPA بقائمة من حوالي ٣٠ من المواد الكيميائية العضوية الاصطناعية التي يمكن العثور عليها في مياه الشرب [٢٩]. تم حظر بعض المواد من الاستخدام، على سبيل المثال الكلوردان Chlorodane التوكسافين Toxaphene، حيث تكون ثابتة في البيئة ويستمر اختبارها.

استجابة الإنسان لزيادة هذه المواد الكيميائية العضويةيختلف باختلاف المادة الكيميائية المعينة. تتراوح الردود بين زيادة خطر الإصابة بالسرطان إلى تلف أجهزة الجسم الرئيسية بما في ذلك الجهاز العصبي، والجهاز الدوري، ونظام الغدد الصماء، وكذلك إصابة محددة للكلى والكبد، والمعدة. ليس كل الناس تتطور لديهم أعراض المرض من هذه الملوثات، ولكن لبعض الناس قد تكون العواقب وخيمة، وتكون هذه التهديدات المحتملة أكثر خطورة للناس الضعفاء.

العناصر المشعة Radioactive elements

بعض العناصر المشعة – مثل الراديوم واليورانيوم موجودة بشكل طبيعي عند مستويات منخفضة في الطبيعة، والبعض الآخر يوجد كنواتج ثانوية من عمليات محطات الطاقة والمنشآت العسكرية، وتسمى هذه النواتج

بالنويدات المشعة، والنويدات هي ببساطة جميع صور العنصر. تختلف صور العنصر في عدد البروتونات والنيوترونات في النواة. حاليا، وضعت وكالة حماية البيئة USEPA معايير لبعض العناصر النشطة، تسمى العناصر المثيرة للقلق [٣٠].

درست هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية العناصر المثيرة للقلق في قائمة USEPA في الولايات المتحدة في عام ١٩٩٧، ووجدت أنها لا توجد بكميات من شأنها أن تنتهك معايير USEPA (5 بيكو كوري للتر الواحد من الراديوم)، أو المعايير المقترحة (٢٠جزء في البليون لليورانيوم) [٣١]. تم وضع معايير لليورانيوم بمقدار ٣٠ جزءا في البليون في عام ٢٠٠٠ لأن وكالة البيئةUSEPA ذكرت بأن ٢٠ جزءاً في البليون هو معيار غير قابل للوصول إليه، و٣٠ جزءاً في البليون لا تزال توفر حماية كافية، المواقع التي يمكن أن تحدث بها زيادة بالإشعاع، مثل مواقع التخلص من النفايات المشعة، ومناطق ذات مستويات عالية جدا طبيعيا، وبعض مواقع التصنيع - حددت ويجب أن تتبع مبادئ الاسترشادات الاختبارية والإبلاغ عن النتائج التي توصلوا إليها. مناطق التعدين هي من إحدى المناطق المثيرة للقلق للتلوث بالنويدات المشعة.

على الصعيد العالمي يشكل استخدام النويدات المشعة - دون احتياطات السلامة - يمكن أن يسبب التلوث، ومن المعروف أن اختبار الأسلحة النووية تتسبب في التلوث لأن العديد من البلدان التي جربت هذه الأسلحة حصل بها تلوث، وبالإضافة إلى ذلك، حوادث محطات الطاقة النووية أوجدت نتائج رهيبة، حادث تشيرنوبيل عام ١٩٨٦ في أوكرانيا، على سبيل المثال، لا يزال يعطي آثاراً رهيبة.

فكر في الآتي Think about it

احتياجات الطاقة المتزايدة في جميع أنحاء العالم هي مشكلة حقيقية، كل طرق إنتاج الطاقة لها ضرر بيئي على مستوى معين. ينبغي أن تقتصر مناقشة البدائل البيئية على بدائل "آمنة"؟ عرف "آمنة بيئيا"، ثم فكر حول كيفية تعظيم إنتاج الطاقة، بينما تتناقص الأضرار البيئية، هل هناك طرق أخرى للتعامل مع الطلب المتزايد على الطاقة؟ تركز الأوساط العلمية العالمية بشكل كاف على تطوير الطاقة الآمنة البديلة؟ برر الإجابة.

حماية مصدر المياه Source water protection

يتطلب مصدر المياه غير المعالجة من الأنهار، والبحيرات، والمياه الجوفية التي سيتم استخدامها كمصدر لمياه الشرب لانظمة إمدادات المياه، عموما، مستوى معيناً من العلاج لضمان سلامة مياه الشرب، ويمكن حماية مصدر المياه من التلوث وحينها ستقل كثيرا تكاليف العلاج، وتتوافر إمدادات المياه المأمونة في نهاية المطاف. في الولايات المتحدة، قانون الشرب الامنة لعام ١٩٩٦ تتطلب بأن تطور الولايات خططاً توافق عليها USEPA بما يلي:

١ . تحديد مساحة الأراضي التي تسهم في نظام إمدادات المياه العامة الصالحة للشرب.

٢. تحديد المصادر الكبيرة المحتملة لتلوث إمدادات مياه الشرب.

٣. تحديد قابلية إمدادات مياه الشرب من التلوث المحتمل من هذه المصادر.

٤. تطوير الإجراءات للحد من مصادر التلوث المحتملة لحماية نظام مياه الشرب بالمجتمع، مثل قوانين تقسيم المناطق واكتساب حقوق الحفظ.

في أستراليا، ناقشت معايير عام ٢٠٠٤ لمياه الشرب الأسترالية [٣٢] أساليب حماية مصادر إمدادات المياه في ذلك البلد:

- يجب حماية المصادر من التلوث بالنفايات البشرية، أو الحيوانية لمنع تلوث المياه من البكتيريا القولونية ومسببات الأمراض الأخرى.
- يجب أن يكون الماء معالجا سابقا، على سبيل المثال من خلال السماح له بالاستقرار في خزانات الترسيب لفترة كافية، وربما لعدة أسابيع.
- ينبغي حماية مخازن المياه من وصول العامة لها، بالتلوث العرضي، أو المقصود، أو التخريب.
- ينبغي الحد من الجريان السطحي من المناطق الزراعية، والحضرية، والترشيح من التربة الملوثة.

حماية منبع البئر wellhead هو مصدر قلق للأشخاص الذين يستخدمون المياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب، يمكن أن يعتبر حماية لحوض تجميع المياه - حيث مكان استقبال المسطح المائي هو البئر، مصطلح "رأس البئر" يشير إلى أي أرض تساهم في مياه البئر، حيث يعتبر البئر قناة مباشرة في نظام المياه الجوفية، لنفترض أن شخصاً سكب النفط بلا مبالاة بعد تغيير زيت السيارة في منطقة منبع البئر، وهطول الأمطار الغزيرة بعد فترة وجيزة. هذا النفط قد ينتقل إلى البئر ويصل إلى المياه الجوفية، ويحتمل أن يلوث ملايين الأمتار المكعبة من المياه.

يجب تحديد مصادر المياه البلدية، والمخزون، وإدارة منطقة رأس البئر الداخلية أو منطقة الإدارة. يتم تقسيم عملية التخطيط إلى قسمين، أولا، ترسيم منطقة حماية الآبار، ومنطقة إدارة إمدادات مياه الشرب، وتقييم ضعف البئر أو الآبار الثاني هو إنشاء خطة لحماية رأس البئر - بما في ذلك الأهداف والغايات، وخطة العمل، وبرنامج التقييم، وخطة الطوارئ، هذا النوع من التنظيم هو استباقي - يهدف إلى منع المشاكل، الوقاية أسهل عادة، وأرخص، وبالتأكيد أفضل من التنظيف بعد التلوث.

التحلية Desaliniation

لا يمكن للإنسان أن يشرب المياه المالحة، ولكن يمكن إزالة الأملاح لتوفير المياه العذبة، ويمكن التعبير عن تركيز الملح في الماء بعدة طرق، عادة ما يعطى على أساس وزن الملح في وزن من الماء، ويطلق على مليجرام من الملح في كيلوجرام من الماء "جزء في المليون" (ppm). وهذا هو (٠,٠٠١ جرام/ ١٠٠٠جرام) = ٠,٠٠٠٠٠١ × ١٠٠٠٠٠٠ = ١، أو ١ جزء في أجزاء المليون.

الأرقام التالية توفر معلومات عن المياه المالحة:

المياه العذبة – أقل من ١٠٠٠ جزء في المليون.

المياه منخفضة الملوحة – من ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ جزء في المليون.

مياه متوسطة الملوحة – من ٣٠٠٠ – ١٠٠٠٠ جزء فى المليون.

المياه عالية الملوحة – من ١٠٠٠٠ إلى ٣٥ ٠٠٠ جزء في المليون.

عمليات التحلية هي إزالة الأملاح والمواد الكيميائية الأخرى إلى كميات أقل من ١٠٠٠ جزء في المليون –إلى مستويات المياه العذبة. تحلية المياه ليست عملية جديدة – وقد استخدم التقطير لعدة قرون بتسخين المياه لإنتاج البخار. في العصور القديمة، استخدمت العديد من الحضارات تقنيات التقطير على السفن العابرة للمحيطات لتوفير مياه الشرب من مياه البحر. يبقى في البخار القليل من الملح للغاية، وهي مياه عذبة أساسا، تستخدم الدورة المائية هذا المبدأ الأساسي – الطاقة من الشمس تسبب تبخر المياه، حيث يتكثف ويسقط فيها بعد على صورة الأمطار [٣٣].

مياه البحر هي المصدر الرئيسي للمياه المستخدمة في تحلية مياه البحر، وبدأت تتزايد تقنيات التحلية في المناطق الجافة،. اليوم، هناك أكثر من ١١ ألف محطة تحلية للمياه تعمل في ١٢٠ دولة في جميع أنحاء العالم، مع القدرة العالمية لإنتاج ١٥,١ مليون متر مكعب (٤ مليارات جالون في اليوم الواحد، أو ١٢٢٧٦ ايكر-قدم)، ويمكن لمحطة جديدة في تامبا، فلوريدا، معالجة ٦٠٠ ٩٤ متر مكعب (٢٥ مليون جالون يوميا، أو ٧٧ أيكر-قدم)، مع المشاريع التي يجري تطويرها في كاليفورنيا وتكساس، والسبب الرئيسي للاعتماد السريع لأساليب التحلية هو التكلفة في عام ١٩٩٢، فإن تكلفة لتحلية ١٢٣٣ متراً مكعباً (٣٢٥ ٨٥١ جالوناً أو ١ أيكر-قدم) من الماء كان حوالي ٢٠٠٠ دولار، في الوقت الؤاهن أقل من ٨٠٠ دولار أمريكي [٣٤].

أحدث طريقة لتحلية المياه هي التناضح العكسي .Reverse osmosis تستحدم هذه العملية المرشحات الغشائية لفصل الأملاح الذائبة من إمدادات مياه الشرب، وغالبا ما تستخدم هذه العملية لإنتاج المياه العذبة من المياه المالحة، أو المياه الجوفية المالحة (أكثر ملوحة من المياه العذبة، ولكن أقل ملوحة من مياه البحر). يتطلب التناضح العكسي أن توضع المياه تحت ضغط عالٍ نسبياً على جانب مدخل نظام التناضح العكسي لكي يمر على سلسلة من الأغشية شبه المنفذة (الفلاتر داخل الأنابيب)، فقد أصبح نظام التناضح العكسي أكثر استخداما في جميع أنحاء الولايات المتحدة، ومناطق أخرى من العالم، في العقود القليلة الماضية.

تأثيرات تحلية المياه تختلف اختلافا كبيرا، ويمكن أن تشمل تأثيرات مهمة على البيئة، على سبيل المثال، تركيب أنابيب سحب مياه البحر، على امتداد شواطئ المحيط، يمكن أن تسبب مشاكل على قاع البحر وبيئة الكثبان الرملية. أكبر قضية هي التخلص من مياه الرجيع الملحية التي تنتج أثناء عملية تحلية مياه البحر. المياه الرجيعة سائلة ومالحة جدا كنواتج ثانوية من عملية التحلية، ويمكن أن تكون ملوحتها ضعفي ملوحة مياه البحر المحيطة، إذا تم تصريف المياه الرجيعة إلى بيئة مياه البحر، فالنفايات السائلة أثقل وأكثر كثافة، وتميل إلى الانتشار في القاع. يمكن أن تتضرر الكائنات الحساسة بالقرب من مخارج محطات التحلية. على الرغم من البيئات البحرية يمكن أن تختلف اختلافا كبيرا، ويتم التخلص من المياه الرجيعة من محطات التحلية الداخلية عموما في مجرى الصرف الصحي، وآبار الحقن للمياه الجوفية العميقة، أو أماكن الترشيح (مواقع تغذية المياه الجوفية).

فكر في الآتي Think about it

يمكن أن يكون التأثير البيئي الكبير للتحلية هو النمو الحضري الناجم عن زيادة إمدادات المياه العذبة في مناطق قليلة المياه. إدارة إمدادات المياه، وإدارة قضايا النمو السكاني، أصبحتا من أكبر القضايا في بعض المناطق، قضية النقاش المركزية –هل يمكن استخدام قضية وجود مياه الشرب، أو عدم وجودها، لإبطاء النمو السكاني؟

القضايا الصحية الحديثة لمياه الشرب Modern drinking water health issues

أصبحت الملوثات الكيميائية النادرة، وخاصة المواد المسببة للسرطان، مهمة بعد الحرب العالمية الاولى، واكتشف العلماء أن المياه العذبة تحتوي على الملوثات من المواد الكيميائية العضوية الاصطناعية التي تكونت أثناء الصراعات. هناك ثلاثة بنود على وجه الخصوص أصبحت تمثل مشاكل في الدول المتقدمة، وهي: ميثيل بوتيل الأثير العالي (MTBE)، و كلورات، والزرنيخ.

يسبب MTBE مشاكل صحية عند استنشاقه، وقد تم الكشف عنه في العديد من مصادر المياه. كان يستخدم على نطاق واسع كمادة مضافة بالبنزين، ولكن استخدامه قد انخفض بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة، بيانات الأبحاث محدودة عن الآثار الصحية لـ MTBE إذا تم بلعه (ابتلاعه)، ومع ذلك، فإن MTBE مادة مسرطنة محتملة للإنسان عند تناول جرعات عالية منها، ويمكن أن تكون جزءاً من البيئية عند ما يتم تخزين البنزين، أو نقله لأنه يذوب بسهولة ولا يمسك بالتربة، مما يسمح لانتقال التلوث بشكل أسرع وأبعد من مكونات البنزين الأخرى، وبالإضافة إلى ذلك، فإن مركب MTBE لا يتحلل بسهولة، ويصعب تنظيفه من المياه الجوفية، يسبب مركب MTBE تلوثاً خطيراً في أنظمة إمدادات المياه في سانتا مونيكا، كاليفورنيا، في عام ١٩٩٦ وحول بحيرة تاهو، كاليفورنيا، في عام ١٩٩٧.يمكن لتسرب الخزانات تحت الأرض، وخطوط الأنابيب، ومواقع حوادث السيارات أن تكون مصادر تلوث.

الزرنيخ هو عنصر موجود بصورة طبيعية على نطاق واسع بالقشرة الأرضية، ويمكن العثور عليه في التربة والعديد من أنواع الصخور، وبخاصة في الخامات التي تحتوي على النحاس أو الرصاص، لم تعد تنتج الولايات المتحدة الزرنيخ، ولكن يتم استيراده في التطبيقات التجارية كمادة حافظة للخشب (توقف طواعية بعد ٢٠٠٣)، ومبيدات، وكإضافات في علف الحيوانات، وإنتاج المعادن من السبائك، ومع ذلك، فإن أعظم الاستخدامات الحالية للزرنيخ في بطاريات الرصاص الحمضية للسيارات، وأشباه موصلات الكمبيوتر، والثنائيات الباعثة للضوء.

معظم مركبات الزرنيخ تذوب في الماء، ويمكن أن تنتقل إلى البحيرات والأنهار والمياه الجوفية، وبالإضافة إلى ذلك، يمكن ربط ملوثات الزرنيخ مع الرواسب في قاع الأنهار والبحيرات، إذا ابتلعت الأسماك والمحار الرواسب الملوثة، فسوف يتراكم الزرنيخ في الأنسجة، وتسمى أسماك الزرنيخarsenobetaine الأسماك الملوثة، إذا استهلكت من قبل البشر، يتم تمرير الزرنيخ في السلسلة الغذائية، صور الزرنيخ الأخرى سامة للغاية، في عام ٢٠٠١، خفضت وكالة USEPA حدود الزرنيخ في مياه الشرب من ٥٠ حتي ١٠ أجزاء من البليون (ppb) [35].

بيركلورات الأملاح توجد بشكل طبيعي ويقوم الإنسان بتصنيعها كيميائيا. معظم البيركلورات في الولايات المتحدة صنعت كوقود صلب للصواريخ، والألعاب النارية، وغيرها من التطبيقات، ولسوء الحظ، التخلص غير السليم لها لوث إمدادات المياه، التي يمكن أن تبقى لعقود في المياه الجوفية ومصادر المياه السطحية. أكدت ٢٥ ولاية على الأقل تلوث الترب، أو مياه الشرب بالبيركلورات [٣٦]. يمكن أن تسبب البيركلورات

مشاكل صحية، وأن تضعف وظيفة الغدة الدرقية لإنتاج هرمونات الهضم، مما يؤثر على النمو والتطور الطبيعي، وقد تم تطوير تقنيات لتنظيف التلوث بالبيركلورات، ولكن التكلفة يمكن أن تكون عالية جدا.

ومن القضايا الصحية الحديثة الأخرى الحرجة التي تحدث الآن في الدول النامية في جميع أنحاء العالم أنَّ أكثر من مليار شخص من سكان العالم ما زالت مصادر مياه الشرب لهم غير آمنة، مما تسبب في الأمراض المنقولة عن طريق المياه التي ابتليت الحضارة بها لقرون عديدة. مياه الشرب غير المأمونة أدت إلى وفاة ما يقرب من مليوني طفل سنويا بسبب الإسهال وغيرها من الأمراض المنقولة عن طريق المياه لأكثر من ٥٠٠٠ طفل يوميا. الرضيع المولود في جنوب الصحراء الأفريقية أكثر عرضة للموت من مرض الإسهال بـ ٥٠٠ مرة من طفل ولد في البلدان المتقدمة. تتأثر دول مثل السودان وزيمبابوي وسوريا بشكل خاص بالأمراض التي ينقلها الماء. رعاية الأطفال المرضى تضيف عبء عمل إضافي للعديد من النساء الفقيرات في تلك الدول، في بعض المجتمعات، نجد الأطفال وخاصة الفتيات محرومين من حقهم في التعليم لأنهم مطالبون منذ الساعات الاولى بتوفير الاحتياجات اليومية من المياه للعائلة من مسافات بعيدة [٣٧]. في مقالة في مجلة نيو يوركر New Yorker تصف الصفوف الطويلة للنساء الهنديات عند الفجر في أحد الأحياء الفقيرة في جنوب مدينة نيودلهي، وهن يحملن جراراً زرقاء من البلاستيك، وكثير منهن تيربطن أطفالهن خلف ظهورهن لانتظار تعبئة جرار المياه، وقد يستغرق الانتظار ساعة، أو أكثر قبل وصول شاحنة صهريج الماء إلى الموقع في يوم سيئ، قد لا تصل الشاحنات على الإطلاق، حتى في المناطق الاكثر ازدهارا في المدينة، تتوفر المياه لبضع ساعات فقط كل يوم، مما يضطر الملايين إلى الخروج في منتصف الليل لجمع المياه لليوم التالي [٣٨].

> **الأطفال معرضين بشكل خاص لمياه الشرب الملوثة لقلة نظام المناعة لدى الأطفال. وبالإضافة إلى ذلك، وبما يتناسب مع وزنهم، يشرب الأطفال المياه أكثر من البالغين، وبالتالي يأخذوا جرعات أكبر من ملوثات الماء.**

توافر المياه الصالحة للشرب اليوم أسوأ في البلدان النامية مما كان عليه بالنسبة للمقيمين في روما وأثينا القديمتين، كما وضح سابقا أن النساء والأطفال، على وجه الخصوصهم هم من يتحملون العبء الأكبر لجمع المياه والتعامل مع الأمراض التي تسببها المياه الملوثة. الوضع الاعتيادي يحدث في قرية Mabuia الأنغولية، حيث تنتظر النساء والفتيات فترة تصل إلى أربع ساعات يوميا في جمع المياه من نهر قريب وهو مصدر المياه العذبة للمجتمع. الماء ملوث، وتنشر مياه الشرب الأمراض بين الأهال وخاصة بين الشباب. في قرى أخرى من أنغولا يتم جمع مياه الشرب من حفرة على طول خندق، أو حافة النهر. خلال الجفاف قد تجف هذه المصادر من المياه، وتستخدم مناطق جديدة قد تكون أكثر تلوثا. في القرى مثل قرية Mabuia نجد أن الأمهات والبنات يقضين ساعات طويلة

في رعاية الأطفال المرضى، ومن المألوف بالنسبة للرضع وصغار السن أن يتعرضوا للمرض لعدة مرات كل عام من البكتيريا والطفيليات الموجودة في إمدادات المياه لأسرهم [٣٩].

فكر في الآتي Think about it

عند هذه النقطة، هل يمكن أن تسأل نفسك "كيف يمكن لهذا أن يستمر؟ "توفي المرشحات البسيطة وتقنيات الغليان الكثير من تلك المعاناة، لماذا لا تتم مساعدة هؤلاء الناس؟ الإجابة بسيطة جدا، هذه الأمور عقدت من قبل الحكومات، وزعماء العشائر، والحرب، والنقل، والتمويل، وأحيانًا من الشخص المهتم. هذه المشاكل تعتبر إهانة لكرامة الإنسان، وإدانة الحضارة في مساعدة الناس بعضهم بعضاً، ماذا يجب القيام به؟

قدرت وكالات الأمم المتحدة ومنظمة الصحة العالمية أن ما يصل إلى ثلث الأمراض العالمية سببها العوامل البيئية مثل المياه الملوثة كل عام، أمراض الإسهال التي تسببها المياه القذرة وسوء الصرف الصحي تقضي على ما يقرب من مليوني طفل، ويصاب الملايين الآخرون بسوء الصحة [٤٠]. في بعض المواقع. قد تتوفر المياه النظيفة من شركات المياه الخاصة، ولكن التكلفة في كثير من الأحيان فوق طاقة الفقراء. في حالة توفير مياه الصنبور، ففي بعض الأحيان قد تكون هذه المياه غير نظيفة، ذات طعم سيئ، أو قد يكون لها لون غريب.

وهناك جانب آخر بين الماء والفقر وهو التعليم. تركزت حياة العديد من الفتيات على جمع المياه للعائلة، وتهيمن وظيفة جلب المياه على الحياة في قرية Mabuia لبعض الفتيات، من خلال ثلاث رحلات يومية إلى النهر ذهابا وإيابا لملء جرات المياه. إذا تعرضت العائلة للمرض فالنساء والفتيات بشكل عام يقمن على رعاية العائلة، وفي هذا الوضع يقل التحاقهم بالمدارس، وتستمر الدورة في محدودية التعليم والفقر، وفي كثير من الأحيان الدولة الفقيرة دولة مريضة أيضاً.

مقالة من جيمس ب. تشيمفامبا Guest Essay by James B. Chimphamba



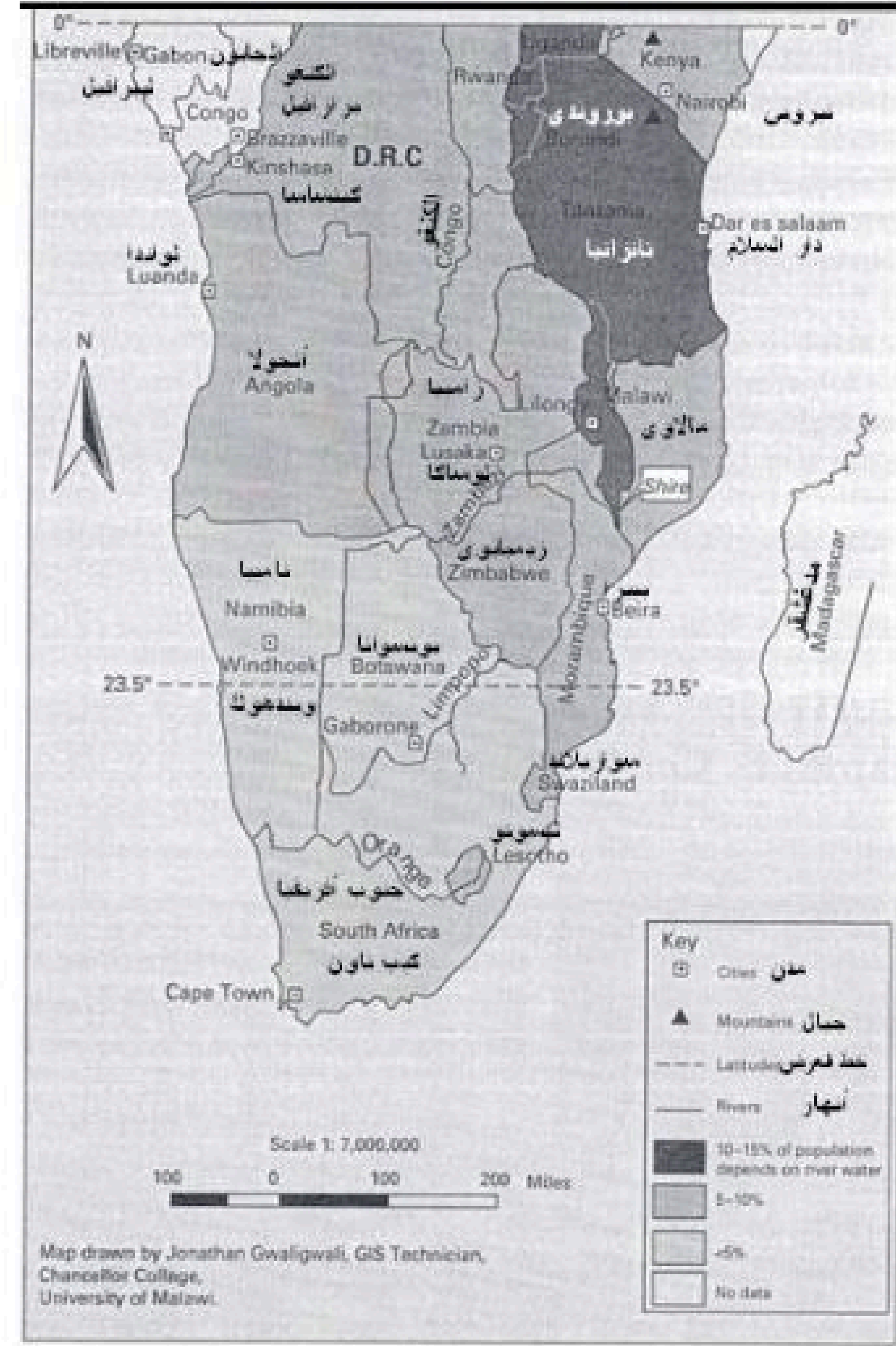
شكل ١١,١٢. جيمس تشيمفامبا
James Chimphamba

جيمس ب. تشيمفامبا (الشكل ١٢ ,١١) هو محاضر في الجغرافيا الطبيعية في كلية جانسيلور، جامعة ملاوي حيث يدرس الهيدرولوجيا، والجيومورفولوجيا، وعلم التربة، والجغرافية الحيوية، وقد عمل لمدة ٢٣ عاماً مع وزارة الزراعة وتنمية الثروة الحيوانية في حكومة جمهورية ملاوي، في قسم المحافظة على الموارد الأرضية كمخطط لاستخدام الأراضي والمياه والمحافظة على الترب، وقبل تقاعده كرئيس إدارة الأراضي والتدريب، كان عميد كلية الأرض والتدريب منذ ١٩٩٢ حتى ٢٠٠٠، وتمكن من إدارة برنامج تطوير المجتمع بجنوب أفريقيا (SADC) على دمج برنامج المحافظة على التربة في النظم الزراعية، كما كان الشخص المسؤول عن الموارد الإقليمية للأرض والتربية في جامعة Sokoine ، تنزانيا، وهو منسق جامعة ملاوي لبرنامج الماجستير في الإدارة المتكاملة للموارد المائية وبرنامج تطوير المجتمع بجنوب أفريقيا (SADC)، رئيس شبكة المرصد البيئي بملاوي، ومنسق مكتب الأمم المتحدة لمشروع شؤون الفضاء الخارجي التجريبي لرسم خرائط إزالة الغابات، وحرائق الغابات وانهيارات الطينية في جنوب الصحراء الأفريقية.

تبعية الجداول المائية للمجتمعات الريفية في الجنوب الأفريقي Stream water dependency for rural communities in Southern Afirica

إنَّ إمدادات المياه المنزلية هي واحدة من المتطلبات الأساسية لحياة الإنسان، وتعدُّ كمية المياه المسحوبة من قبل الأسر جانباً مهماً من الإمدادات المحلية التي تؤثر على النظافة، وبالتالي، الصحة العامة [٤١]. ومع ذلك، فإن كمية المياه التي يمكن استهلاكها تعتمد في جزء منها على توفر المياه من المصدر، وخدمات التوصيل. في منطقة الجنوب الأفريقي، يتوافر حوالي ١٠٠٠ متر مكعب (٢٦٤ الف جالون) من المياه للفرد سنويا قابلة للتجديد من جريان المياه في موسم الأمطار، بينما يتوافر حوالي ٣٠٠ متر مكعب (٨٠ الف جالون) في موسم الجفاف [٤٢]. هذا الانخفاض في كمية المياه المتاحة بين المواسم الرطبة والجافة يترجم إلى ندرة في المياه عموماً التي تشهدها أنحاء الجنوب الأفريقي خلال فترة الجفاف، وتعتبر تحدياً كبيراً للوصول إلى مصادر المياه من قبل المجتمعات الريفية.

يبين الشكل ١٣ , ١١ نسبة السكان من الدول في منطقة الجنوب الأفريقي التي تعتمد مباشرة على الأنهار كمصدر رئيسي لإمدادات المياه الخاصة بها، ملاوي، وتنزانيا، وبوروندي، ورواندا مع معدل التحضر في أقل من ١٥٪ ممن لديهم أكثر من ١٠٪من مجتمعاتهم الريفية يعتمدون على مصادر المياه بالجداول المائية، زامبيا وزيمبابوي وسوازيلاند بين ٥ و ١٠٪ من السكان في الريف يعتمدون على مصادر مياه النهر. جنوب أفريقيا وناميبيا وبوتسوانا أقل من ٥٪ من سكانها يعتمدون على مصادر مياه الأنهار، ولكن لأسباب مختلفة جدا.



شكل ١١,١٣. خريطة جنوب أفريقيا، التي تبين نسبة السكان في كل بلد وتعتمد على الأنهار لتوفير المياه.

أسهم كل من التحضر وتحسين أنظمة توزيع المياه في المناطق الريفية في قلة الاعتماد على مصادر مياه النهر في جنوب أفريقيا، في حين أدى التصحر إلى حفر الآبار كمصدر رئيسي للمياه العذبة للمجتمعات الريفية في بوتسوانا وناميبيا، في بعض بلدان الجنوب الأفريقي. في الواقع في دراستنا ارتفع عدد الناس الذين يعتمدون على مياه النهر، ولوحظ أن عدداً من الأسر تركوا سحب المياه من الآبار إلى سحب المياه من الجداول المائية القريبة، لأنهم يفضلون طعم الماء من الجداول على الآبار. في بلدة تشيكاندا Chikanda ضمن حدود بلدية زومبا Zomba، ملاوي، تفضل الأسر ذات الدخل المنخفض سحب المياه من نهر مبونداMpondal ، عن المياه المنقولة بالأنابيب بالمجتمع، لأنهم لايستطيعون تحمل تكلفة توصيل المياه (انظر الشكل ١٤ , ١١). وبالإضافة إلى ذلك، فإن مياه

الصنابير تظل جافة لفترة طويلة، وهذا يشير بوضوح إلى أن الاعتماد على مياه النهر لبعض دول الجنوب الأفريقي ستبقى حقيقة واقعة لبعض الوقت في المستقبل.



شكل ١١,١٤. (أ) بلدة تشيكاندا Chikanda، (ب) يسحب ذوي الدخل المنخفض المياه من نهر Mponda؛ (ج) صنابير المياه للمجتمع الريفي تظل معظم الوقت.

(Photographs courtesy of James B. Chimphamba)

ومع ذلك، فإن كمية المياه المسحوبة للاستخدام المنزلي لها تأثير مباشر على حدوث الأمراض التي تنقلها المياه، وبالتالي على صحة الأسرة ورفاهيتها [٤٣]، وذلك لأن الأمراض التي تنقلها المياه سببها نقص المياه النظيفة، وعدم من ذلك معرفة الحاجة للنظافة. الأمراض التي تنقلها المياه هي تلك الأمراض التي يصاب بها مع زيادة حجم المياه لأغراض الاستخدامات المنزلية بالنظافة - بغض النظر عن جودة المياه [٤٤] . ومع ذلك، فإن كمية المياه التي تسحب من الجداول المائية من قبل الأسر للاستخدامات المنزلية غير معروفة في منطقة الجنوب الأفريقي، وبالتالي فقد أجريت الدراسة في مالاوي لتحديد كمية سحب المياه المنزلية من الأنهار، وإيجاد العلاقة بينها وبين الأمراض التي تنقلها المياه.

شكل ١١،١٥. مواقع دراسة النهر في ملاوي.

دروس من ملاوي Lessons from Malawi

أجريت دراسة لتحديد كمية المياه المنزلية المسحوبة من الجداول المائية، وقد تم اختيار تسعة أنهار من الشمال إلى الجنوب من ملاوي (انظر الشكل ١٥ ,١١). والأنهار هي لوفيرا، شمال روكورو، جنوب روكورو، مازيمبا، لوسا، بوا، ليرانجوي، لومزو وليسونجوي(.Lufira. North Rukuru.South Rukuru. Mzimba. Lusa. Bua Lirangwe. Lunzu and Lisungwe). لكل نهر، تم اختيار اثنين من المجتمعات التي تعتمد على النهر لتوريد المياه وأخذت عينات من ٤٠ أسرة لجمع البيانات في كل قرية. هدفت الدراسة إلى قياس كمية المياه المنزلية النظيفة وتفاعلها مع الأمراض التي تنقلها المياه، وقد تم التحقق من الثلاثة أمراض الأكثر انتشاراً التي تنقلها المياه في ملاوي. هذه الأمراض هي التهاب الملتحمة Conjunctives، والتراكوما Tracoma، والجرب Scabies [45] . وقد تم تصميم استبانة وزعت مرة واحدة في الشهر لشهري مايو ويونيو، وقد تم جمع البيانات على ما يلي:

- حجم الأسرة.
- كمية المياه المنزلية المسحوبة من الجداول المائية (تم قياس هذا باستخدام وعاء معايرة).
- كمية المياه المنزلية المستعملة للنظافة (كان هذا أيضا قياساً كمياً).

• حدوث الأمراض المنقولة عن طريق المياه مثل التهاب الملتحمة، والجرب، والتراخوما التي تصيب أي فرد من أفراد الأسرة خلال شهر الدراسة.

•تم تحديد متوسط كمية المياه المنزلية الكلية وكمية مياه النظافة لعينات ٤٠ اسرة لفترة دراسة.

لم تكن هناك علاقة بين كميات المياه المنزلية المستخدمة للنظافة مع أي من الأمراض المنقولة بالمياه في المجتمعات التي تسحب المياه من هذه الأنهار، على الرغم من إصابتهم بالأمراض التي تنقلها المياه. متوسط المياه المنزلية المستخدمة للنظافة للفرد في اليوم لنهر روفيرا Rufira 4.5 لتر (١,٢ جالون)، ولنهر جنوب روكورا South Rukuru 4.2 لتر (١,١ جالون)، ونهر4.6 Lirangwe لتر (١,٢ جالون(، ولنهر5.3 Lisungwe لتر (١,٤ جالون)، ونهر Mzimba نهر ٥,٥ لتر (١,٥ جالون).

نهري روكورا و شمال لونزو Rukuru and North Lunzu

هناك علاقة عكسية بين حالات التهاب الملتحمة ("العين الوردية") مع كمية المياه المنزلية المستخدمة للنظافة (P <0.05). كان متوسط كمية المياه المنزلية ٣,٤ لتر (٠,٩ جالون) للفرد في اليوم الواحد.

نهر لوسا Lusa

هناك علاقة عكسية بين حالات التراخوما (عدوى خطيرة للعين) مع كمية المياه المنزلية للنظافة(P <0.05) . كان متوسط كمية المياه المنزلية ٢,٧ ليترا (٠,٧ جالون) للفرد في اليوم الواحد.

نهر بوا Bua

هناك علاقة عكسية بين حالات الجرب (الالتهابات الجلدية) مع كمية المياه المنزلية للنظافة (P <0.05) . كان متوسط كمية المياه المنزلية ٣,٠ لتر (٠,٨ جالون) يوميا للفرد الواحد.

المناقشة Discussion

هناك أدلة قوية على أن كمية المياه المنزلية للنظافة هي من أحد المحددات الصحية لانتقال الأمراض المنقولة عن طريق المياه، الأسر التي استخدمت كميات المياه للنظافة باقل من ٣,٥ لتر (٠,٩ جالون) يوميا للفرد تعرضوا للأمراض التي تنقلها المياه، وحدوث الالتهابات مرتبط إلى حد كبير بكمية المياه المنزلية للنظافة، على سبيل المثال، الأسر قرب نهر لوسا Lusa الذين استخدموا في المتوسط كمية مياه للنظافة بمقدار ٢,٧ لتر (٠,٧ جالون) يوميا للفرد الواحد أصيبوا بالتراكوما، مشيراً إلى أن ذلك المعدل المتوسط من كمية مياه النظافة يمكن أن

تكون مسؤولاً عن نقل التراكوما، وبالمثل، فإن الأسر بالقرب من نهر بوا Bua استخدموا مياه النظافة في المتوسط كمية ٣,٠ لتر (٠,٨ جالون) يوميا للفرد الواحد وتعرضوا للجرب، في حين أن سكان نهر شمال روكورا North Rukuru استخدموا كمية قدرها ٣,٤ لتر (٠,٩ جالون) يوميا للفرد الواحد وتعرضوا إلى مرض التهاب الملتحمة، من ناحية أخرى، الأسر التي استخدمت كمية المياه للنظافة بأكثر من ٤,٢ لتر (١,١ جالون) في اليوم الواحد للفرد الواحد تعرضوا للأمراض التي تنقلها المياه، ولكن لا توجد علاقة بين حدوث هذه الأمراض مع كميات المياه التي تستخدمها الأسر للنظافة، وهذا يشير إلى أن استخدام حجم ٤,٢ لتر (١,١ جالون) من المياه الصحية للشخص الواحد في اليوم كافية لحماية الأسرة من الأصابة، بالأمراض التي تنقلها المياه، ومع ذلك، فإن إصابة الأسر بالأمراض المنقولة عن طريق المياه والتي تستخدم ٤,٢ لتر(١,١ جالون) من كمية المياه للنظافة للفرد يومياً يمكن أن يعزى لسلوك قلة النظافة، مثل عدم غسل اليدين قبل تناول الطعام، أو عدم غسل اليدين بعد التغوط، وعليه تؤكد نتائجنا الملاحظات التي أبداها برادلي Bradley[46] والذي لاحظ فيها أن سبب الأمراض التي تنقلها المياه ناتجة عن قلة المياه للنظافة كما هو الحال بالنسبة للأسر التي استخدمت أقل من ٣,٥ لتر (٠,٩ جالون) يوميا للفرد، أو بالأحرى، الافتقار إلى المعرفة بالحاجة إلى مياه النظافة كما هو الحال بالنسبة لتلك الأسر التي تستخدم على الأقل ٤,٢ لتر (١,١ جالون) من المياه الصحية للشخص الواحد في اليوم.

أهمية نتائجنا في تعزيز الحماية الصحية المنزلية تكمن في حقيقة أنه في الوقت الحاضر، حتى منظمة الصحة العالمية التابعة للأمم المتحدة لم تعط المبادئ التوجيهية لمعرفة كمية المياه التي يجب أن تستخدم لحماية الصحة الأساسية [٤٧] .في منطقة الجنوب الأفريقي بما في ذلك ملاوي، نجد أن وزارات الصحة وغيرها من المنظمات ذات الصلة بالصحة تعزز السلوك الصحي مثل غسل اليدين قبل تناول الطعام، أو بعد التغوط، وغسل أواني الطبخ ولكن لا توجد توصية بكمية المياه التي يجب أن تحتفظ بها الأسرة لمثل هذه الخدمات، وهذا يعيق التنفيذ الفعال لسلوك النظافة، لأن الأسر ليست قادرة على التخطيط للكمية الصحيحة من الماء من الأنهار والآبار والخزانات المائية الأخرى، تشير دراستنا إلى أن ٤,٢ لتر (١,١ جالون) من مياه النظافة للشخص الواحد في اليوم كافية على ما يبدو لحماية الأسرة من انتقال الأمراض المنقولة عن طريق المياه، في حين أن كميات المياه النظافة بأقل من ٣,٥ لتر (٠,٩ جالون) للشخص الواحد باليوم ليست آمنة، ومع ذلك، ينبغي اتخاذ الحذر في استخدام نتائجنا؛ لأنها أجريت لفترة شهرين (أيار وحزيران)، وبالتالي لم يأخذ في الاعتبار التفاوت الموسمي لتدفقات الأنهار، التي تؤثر أيضا على كمية المياه التي يمكن أن تسحبها الأسر.

الخاتمة Conclusion

أكدت الدراسة أن كمية المياه المنزلية للنظافة هي أحد المحددات المهمة للأمراض التي تنقلها المياه، ويبدو أن كميات مياه النظافة الأقل من ٣,٥ لتر (٠,٩ جالون) يوميا للفرد مسئولة عن نقل الأمراض في حين الكمية ٤,٢ لتر (١,١ جالون) يوميا للفرد ليست كذلك. اشترطت الدراسة أيضاً إلى أن سلوك النظافة المنزلية يمكن أيضا أن يكون محددا لانتقال الأمراض المنقولة عن طريق المياه حتى عندما تستخدم الأسر الكمية الكافية من المياه لأغراض النظافة الشخصية. عدم وجود مبادئ توجيهية عن حجم المياه للنظافة يعيق الجهود المبذولة لتعزيز الصحة في منطقة الحماية للجنوب الأفريقي، حيث إن نسبة كبيرة من الناس لا تزال تعتمد على الأنهار الواقعة خارج منازلهم.

معالجة المياه العادمة قديماً Early wastewater treatment

أثر التلوث على البشر منذ آلاف السنين، فبتقدم الحضارات نمت المستوطنات من حيث الحجم وعدد السكان، مما أوجد قضية صحية جديدة - التخلص من النفايات البشرية، على سبيل المثال، بالعودة إلى ٢٥٠٠ قبل الميلاد، فالمدن على طول نهر اندوس وروافده، مثل موهينجو دارو وهارابا- يقطن بهما أكثر من ٤٠ ألف شخص. بشكل ملحوظ، كان لهذه المجتمعات شبكات الصرف الصحي التي شملت حمامات متصلة بالمصارف الصحية، في اليونان القديمة كانت تحتوي مدينة أثينا على خطوط أنابيب من بلاط السيراميك، التي وضعت تحت شوارع المدينة، للتخلص من الصرف الصحي بالمدينة.

وفرت القنوات الواسعة الماء إلى روما القديمة، ووفرت هذه الأنظمة الموضوعة للمياه لطرد ما بالمراحيض من خلال القنوات الصغيرة من المياه التي تتدفق بشكل مستمر تحت هذه المرافق. أول نظام لتصريف مياه الصرف الصحي في روما، ويسمى (أكبر المجاري Cloaca maxima)، لا يزال موجوداً حتى اليوم، وتم تصريف مياه الصرف الصحي مباشرة في نهر التيبر .Tiber عاش معظم الرومان في مباني من ثلاثة إلى ستة طوابق تسمى insulae، وعادة ما يستخدمون أوعية في منازلهم. لم يكن من الغريب أن ترمى المحتويات، أو النفايات الأخرى، خارج النافذة أو المدخل إلى الشارع، كانت الحياة محفوفة بالمخاطر للمشاة، فالناس الذين يمشون تحت النوافذ المفتوحة في الوقت غير المناسب يمكن أن يواجهوا عواقب غير متوقعة ومثيرة للاشمئزاز، بموجب القانون الروماني، يمكن للضحية تقديم اعتراض لاستعادة الخسارة الناجمة عن إصابات أو خسائر في الأجور [٤٨].

حوالي ١٢٠٠ م، أمر فيليب أوغست الثاني Philippe II Auguste (1165-1223)، ملك فرنسا، بتعبيد شوارع باريس. أدرج الملك أيضا طرق الصرف الصحي (أحواض مفتوحة) في منتصف الشوارع المرصوفة بالحصي لإزالة المياه العادمة من المدينة. يوفر نهر السين Seine مياه الشرب في كثير من الأحيان في الموقع نفسه حيث تم تصريف مياه الصرف الصحي إلى النهر، في ذلك الوقت، مدينة باريس يقطنها أكثر من ٧٠ ألف شخص، وبها ١٠ كيلومترات (٦ أميال) فقط من المصارف البدائية [٤٩]. نظام التخلص من النفايات لم يكن فعالاً جداً، وفشله ساهم في انتشار الأمراض، مثل الموت الأسود.

كما هو موضح سابقا، كانت العصور الوسطى عصور عدم التقدم، أو ضئيلة في معالجة مياه الشرب، وينطبق نفس الشيء فيما يتعلق بالتخلص من النفايات البشرية. مرض الموت الأسود، ١٣٤٧ - ١٣٥٠ م، اجتاح جميع أنحاء أوروبا وآسيا، ربما هلك نحو ٤٠٪من سكان أوروبا خلال هذه الفترة. واحدة من أسوأ الأوبئة في تاريخ البشرية، على مستوى العالم، وتوفي ما لا يقل عن ٧٥ مليون شخص من هذا المرض، الذي ربما انتشر عن طريق البراغيث والفئران. في ذلك الوقت لم يعرف الناس شيئا عن الأمراض المعدية، والقذارة والنفايات البشرية التي تناثرت في الشوارع والمنازل أسهمت في تفشي الحشرات والبراغيث.

كان الصرف الصحي مسألة حياة أو موت. في باريس. شيد أول مصرف للصرف الصحي تحت الأرض في عام ١٣٧٠م تحت شارع مونتموريت، وتصرف المياه في نهر السين، في ١٣٨٨م، أصبحت مدينة كامبريدج، إنجلترا، الأولى في بريطانيا العظمى التي اعتمدت قانون الصرف الصحي في المناطق الحضرية. يحظر النظام الأساسي لكامبردج تصريف النفايات الحيوانية، أو مخلفاتها (الأعضاء الداخلية الحيوانية) من المسالخ في الأنهار أو الخنادق. قرب نهاية العصور الوسطى. كانت تستخدم الخزائن الملكية تحت الأرضية في تصريف المياه. قام عمال الصرف الصحي بحمل النفايات، على نفقة المالك ونشرها على الحقول كسماد. أحياناً ألقيت ببساطة النفايات في المجاري المائية، أو على الأراضي البور، للأسف، فإن معظم الناس لا يربطون العلاقة بين صحة الإنسان والتخلص من النفايات، الناس لا تزال تعتقد أن الهواء الفاسد (مشكلة المستنقع الذي نوقش سابقاً) هو سبب المرض.

في العمق In depth

لقرون مضت. كان التخلص من النفايات الناتجة عن ذبح الحيوان مشكلة خطيرة في المدن البريطانية، وكانت النواتج الثانوية من ذبح الحيوانات تلقى بشكل منتظم على الشوارع والطرق السريعة، وأوجدت أكواماً كبيرة من تلك النفايات، في مواقع أخرى يتم التخلص من النفايات في الخنادق المجاورة، حيث تفسد وتخرج منها الروائح النتنة، كان الناس يخافون من هذه المواقع – وخاصة خلال تفشي الطاعون الأسود المميت خلال العصور الوسطى شهدت لندن الطاعون خلال الأعوام ١٣٦١، ١٣٤٩، ١٣٦٩، ١٣٧٩، ١٣٨٢، ١٣٩٠، ١٣٩١، و ١٤٠٧، كان الطاعون لعام ١٣٤٩ من أسوأ الأعوام – قتل على الأقل ثلث السكان. في عام ١٣٥٤، أصبح إدوارد الثالث ملك إنجلترا (١٣١٢–١٣٧٧) قلقاً جداً حول الصرف الصحي والتخلص من النفايات. في نهاية المطاف، بناء على طلب من الملك، أمر مسؤولو مدينة لندن بالتخلص من نفايات الذبح في نهر التايمز بحيث يحمله المد والجزر بعيداً عن المدينة و إلى البحر، وبالإضافة إلى ذلك، أمر الملك أن يكون ذبح جميع الحيوانات خارج المدينة، ومع ذلك. فإن هذه الجهود لا تعمل دائما على نحو فعال، وخاصة عندما يرمي المد والجزر نفايات الصرف الصحي تحت الجسور وعلى طول الشواطئ [٥٠].

بعد انتشار الطاعون في عام ١٣٩١، أمر الملك ريتشارد الثاني (١٣٦٧–١٤٠٠) عمدة وشريف لندن ، بفرض يطلب منهما جزاء بمقدار ١٠٠ جنيه أسترليني لأي شخص لا يمتثل لأمره السابق. في العام التالي، تم منح الجزارين التراخيص للتخلص من المخلفات ومنتجاتها الأخرى في نهر التايمز في حالة الجزر (عندما يكون مستوى الماء منخفضاً بسبب المد)، وهكذا، في نهاية القرن الرابع عشر، كان هو النظام المعمول به في إطار النظام الأساسي لتوفير بعض السيطرة على النفايات لمواطني لندن. في عام ١٤٠٩، اتخذ الملك هنري الرابع (١٣٦٧–١٤١٣) خطوة أخرى إلى الأمام لهذه القضية، وأمر رئيس بلدية لندن بمنع التخلص من النفايات في شوارع المدينة.

هذه المراسيم الملكية والأوامر البلدية لم تكن ناجحة للغاية، والعديد من الجزارين يتخلصون ببساطة من الحيوانات النافقة والنفايات الأخرى إلى جانب الطرق السريعة خارج لندن. كانت هذه الممارسة على نطاق واسع. في عام ١٤٧٢، أصبحت بدرجة فظيعة حيث ارسل الملك ريتشارد الثالث (١٤٥٢–١٤٨٥) أمره إلى عمدة وشريف لندن يأمرهما بحظر التخلص من القمامة أو القذارة في أي من الخنادق والأنهار، أو مياه أخرى حول المدينة، أو الضواحي، وقدم استثناء للجزارين في لندن، وتم إعطاء الجزايين التراخيص للتخلص من النفايات في نهر التايمز في منتصف النهر، أثناء حالة الجزر، واستخدمت عربات لنقل النفايات الحيوانية إلى الجسور عبر النهر، ولكن في كثير من الأحيان تسقط النفايات على شوارع المدينة. تخيل، إذا كنت تجرؤ، على مشاهدة النفايات وشم الروائح في لندن خلال هذا العصر.

بعد بضع مئات من السنين في وقت لاحق في فرنسا، أمر نابليون بونابرت الأول Bonaparte Napelion (1769-1821) ببناء أول شبكة الصرف الصحي تحت شوارع باريس، كان بيير بيرنسو Pierre Bruneseau، مدير الأعمال في بلدية المدينة، والمسؤول عن المشروع الأسطوري، الذي يمتد لطول ٣٠ كيلومتراً (١٩ ميلاً). علق فيكتور هوجو Victor Gugo، الكاتب المسرحي الفرنسي في صحيفةLes Misirables ، في عام ١٨٦٢ بالآتي:

أخذ العمل الكامل على نظام الصرف الصحي تحت الأرض في باريس سبع سنوات، (١٨٠٥–١٨١٢). بينما كان يقوم بيرنسو بالعمل، وجه بكم كبيرمن الأعمال؛ وفي عام ١٨٠٨ خفض طابق Ponceau، وأنشأ خطوطاً جديدة في كل مكان، وقال إنه مدد الصرف الصحي وفي الوقت نفسه طهر ونقى الشبكة بأكملها [٥١] .

كان صيف عام ١٨٤٢ في لندن سيئ، "لعله تميز بحوادث كبيرة كالبطالة، والعوز، والاحتجاج الاجتماعي من أي شيء آخر في القرن التاسع عشر". كان هذا وفقا لتقرير إدوين تشادويك Edwin Chadwick بشأن حالات المصارف الصحية لدى العمالة في بريطانيا العظمى، نشر بالقطاع الخاص وعلى نفقته، في السنة نفسها، الظروف الرهيبة من صيف عام ١٨٤٢ - التي أبرزها الرائحة والقذارة في نهر التايمز الملوث بالفضلات البشرية- بدأت منها "الصحوة الصحية العظيمة". في نهاية المطاف تم تمرير قانون الصحة العامة لعام ١٨٤٨ في بريطانيا العظمى، ويرجع ذلك جزئيا إلى وباء الكوليرا من ٧-١٨٤٨، للمرة الأولى، اتهمت الحكومة بالمسؤولية عن حماية صحة مواطنيها [٥٢]، كما تم إنشاء الهيئة العامة للصحة الإنجليزية بموجب القانون، وأنشئت المجالس الصحية المحلية في المناطق التي تجاوز معدل الوفيات فيها ٢٣ ٪ لكل ١٠٠٠ من السكان، وللأسف، تم استبعاد لندن وأسكتلندا، وأيرلندا من هذا القانون.

منذ منتصف القرن التاسع عشر نظمت جولات سياحية عبر المصارف الصحية في باريس. يقع متحف قصر egouts دي باريس (متحف المصارف الصحية في باريس) في بونتدي l'Alma، مقابل 93 quai d'Orsay بالقرب من برج إيفل. ويوجد بالمتحف متجر تذكاري، والجولات السياحية لا تزال ذات شعبية كبيرة حتى اليوم.

في العام نفسه، أوجدت "النتانة الكبرى" لعام ١٨٥٨ خوفا في جميع أنحاء لندن، وتسببت في تعطيل مجلس العموم، ورائحة مياه الصرف الصحي الخام من ٣ ملايين شخص في نهر التايمز قوية وظاهرة في حرارة فصل الصيف.

في العمق In depth

تدرب أدوين تشادويك (١٨٠٠-١٨٩٠) بوصفه محامياً وعمل صحفياً في لندن، واعتبر تشادويك "متعصباً" و "متحاملاً" لأنه من الممكن أن هاجسه الذي تابعه طوال حياته المهنية يتركز بشكل خاص على الصرف الصحي. أصبح تشادويك المفوض الصحي بلندن في عام ١٨٤٨، وقاد حملة ناجحة لقانون الصحة العامة لعام ١٨٤٨. ورأى ان الصحة العامة يجب أن تدار محليا وأن يشارك في حماية أنفسهم إنه يعتقد أيضا أن مياه الصرف الصحي والقاذورات في الأنهار أقل خطورة من حالات الصرف الصحي في المجاري. اختلف الدكتور جون سنو مع تشادويك حول مسبب الأوبئة. يعتقد سنو بنظرية جرثومة المرض، في حين كان شادويك من أشد المؤمنين بأن الأوساخ والغبار مسببة للأوبئة، وكان شادويك لا يحظى بشعبية لأنه في حالات عديدة ضد أصحاب المصالح الخاصة. في نهاية المطاف اضطر إلى الاستقالة من عمله في العام ١٨٥٨. في العام نفسه تم إنهاء المجلس المركزي للصحة، ويعتبر العديد من المراقبين أن تشادويك الأب أو المسؤول الأول عن الصرف الصحي العام في إنجلترا - وإن كان أهين خلال حياته الخاصة.

ليس من قبيل المبالغة أن نقول إنه في عام ١٨٤٥لا يكاد يخلو نهر من التلوث في كل إنجلترا، بين مياه الصرف الصحي للمدن والملوثات من المصانع، والتقطير، ومصانع البيرة، وما شابه ذلك، فكل مجرى مائي أو نهر في البلاد مسمم وغير صالح للاستخدام المنزلي. تحولت البحيرات المتألقة قبل سنوات عديدة، التي كان يتردد

عليها سمك التروات المرقط وسمك السلمون الأرقط الفضي، إلى مستنقع كبير، وحتى الضفادع لاتصطاد فيها. لا يمكن لرجل أو امرأة حكيمين أن يلمسا قطرة من مياه لندن حتى يتم غليها وتصفيتها، ويتم استخدام أقل قدر من المياه [٥٣].

استغرق الأمر أكثر من ٢٠ سنة قبل أن يوافق على قانون مكافحة تلوث الأنهار البريطانية في ١٨٧٦ هذا القانون جعل تفريغ مياه الصرف الصحي في النهر غير قانوني. وبحلول عام ١٨٩٢ حدث في أوروبا آخر انتشار لوباء الكوليرا، في هامبورغ، ألمانيا. مدينة ألتونا Altona المجاورة لم تفقد الكثير من البشر بسبب هذا المرض لوجود نظام لتنقية المياه بها. في عام ١٨٩٥ سمح تنظيف المجاري لنهر التايمز بعودة بعض أنواع الأسماك.

وقبل ذلك بعام في ١٨٩٤ عين في مدينة نيويورك العقيد جورج وارنج George Waring، الابن (١٨٣٣–١٨٩٨) لرئاسة قسم تنظيف الشوارع. كان وارنج أحد المحاربين من الحرب الأهلية، وساعد مدينة ممفيس في ولاية تينيسي في تطوير نظام الصرف الصحي بعد أوبئة مدمرة في عامي ١٨٧٨ و ١٨٧٩. درس وارنج النظم البريطانية عن كثب، وساعد في وقت لاحق مدناً أخرى لتحسين أنظمتها في كل من الولايات المتحدة وكوبا. في مدينة نيويورك، أشارت التقديرات إلى أنه يتم جمع ٣–٤ ملايين رطل (أكثر من مليون كيلوغرام) من روث الخيل من شوارع المدينة وأسطبلات الخيول يومياً من ١٥٠ ألف حصان في المدينة، وخلال الطقس الرطب، يكنس الروث من الأرصفة، وفي المخازن، ويحمل في عربات إلى خارج المدينة. سيطر كانسي الشوارع على المشكلة بمعاطف بيضاء، ومكانس، وصناديق القمامة ذات العجلات.

في عام ١٨٩٩ صدر قانون الأنهار والمرافئ (ويسمى أيضا قانون القمامة) من قبل الكونغرس الأميركي، وجعل رمي القمامة، أو النفايات الأخرى في المياه الصالحة للملاحة بدون تصريح من هيئة مهندسي الجيش الأميركي غير قانوني، ويعفى من هذا القانون مياه الصرف الصحي السائلة في الشوارع، أو المجاري.

قضايا مياه الصرف الصحي الحالية Current wastewater issues

في عام ١٩٦٩ اشتعلت النار في نهر كاياهوغا في كليفلاند، أوهايو، واستولت على الاهتمام الوطني. وفر الحطام العائم، والنفط، والحمأة، والنفايات الصناعية، ومياه الصرف الصحي الوقود للحريق، وخلق وعياً عاماً هائلاً عن الحاجة للحد من مياه الصرف الصحي التي تصب في الأنهار في البلاد. قبل أقل من ٥٠ عاما مضت، كانت النفايات وفضلات الدم من قطعان الماشية الكبيرة والنباتات الكبيرة تصرف مباشرة في نهر ميسوري في

أوماها بولاية نبراسكا. كرات كبيرة من الشحوم تسد المصب على طول النهر، ومات الآلاف من الأسماك. في عام ١٩٧٢، اعتمد الكونغرس الأميركي قانون المياه النظيفة لاستعادة الصفات الكيميائية، والبيولوجية، والفيزيائية الطبيعية للممرات المائية في البلاد.

يتطلب قانون المياه النظيفة لعام ١٩٧٢ أن كل مدينة في الولايات المتحدة التي يبلغ عدد سكانها أكثر من ١٠٠ ألف شخص أن تضع محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي. المياه النظيفة أصبحت هدفاً وطنياً، وكانت المنشآت الصناعية الهدف الرئيسي للقانون، حيث ينظر إليها باعتبارها المسبب الرئيسي في تلويث المياه. أنفقت الحكومة الأمريكية مليارات الدولارات في شكل منح لتنظيف المنشآت الصناعية وبنت محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية.

اليوم، في أوروبا وأمريكا الشمالية، تتم إضافة ٣٠-٦٠٪ من حمأة الصرف الصحي كسماد لحقول وهي ممارسة تستخدم لآلاف السنين في الصين، والجانب السلبي لهذه العملية هو أن الاحياء الدقيقة المسببة للأمراض يمكن أن تعيش في التربة، ويمكن نقلها إلى الإنسان عن طريق استهلاك المحاصيل المزروعة في تلك الأراضي. توجد أيضاً المعادن الثقيلة والملوثات الصناعية في بعض من مواد الحمأة] ٥٤ [.

للأسف، فإن ٤٠٪ من سكان العالم أكثر من ٢,٦ مليار شخص في العالم يفتقرون إلى مرافق الصرف الصحي الأساسية. في بعض المناطق تشكل النفايات البشرية (التغوط) بالحقول قضايا صحية هائلة[٥٥]. في حيMedak من ولاية أندرا براديش في وسط الهند، على سبيل المثال، لم تتوفر المراحيض في بعض المدارس حتى وقت قريب، واضطر الطلاب للبحث على مواقع خارجية، والخصوصية ليست دائما متاحة، وسبب هذا لبعض الطلاب، وخاصة الفتيات، عدم الذهاب إلى المدرسة بسبب عدم وجود المراحيض في مبنى المدرسة. في فيتنام، المرافق الصحية العامة في المناطق الريفية قليلة جدا، وقدرت منظمة اليونيسيف أن أقل من ٣٠٪ من الأسر الريفية يتاح لها مرافق المراحيض الأساسية في ذلك البلد[٥٦].

عندما تصبح البلد أكثر تصنيعا، يزداد التلوث وعدم المساواة الاقتصادية. لكن، وكلما كان الناتج الاقتصادي لدولة ما يزداد وتتحسن الكفاءة، يتم إعطاء مزيد من الاهتمام لرفاهية الإنسان ومياه الشرب المأمونة والإدارة السليمة للنفايات والبيئة. تعرف هذه الاتجاهات بمنحنى Kusnests، والذى سمى باسم Simon Kuznents، أستاذ الاقتصاد في جامعة هارفارد، الفائز بجائزة نوبل للاقتصاد في عام ١٩٧١.

ملخص الفصل Summary points

• تم تطوير معالجة مياه الشرب قبل أن يوفر العلم أسباب معالجة المياه.

• صفى الإغريق المياه من خلال الفحم والرمل والحصى وتحسين مياه الشرب وذلك منذ ٢٠٠٠ سنة قبل الميلاد.

•تتطلب الثقافة الهندوسية القديمة غلي مياه الشرب، وعرضها لأشعة الشمس، أو غمس القضبان النحاسية الساخنة بها، والتصفية قبل الشرب .

•تظهر لوحات القبور أن المصريين استخدموا جهاز ترسيب لإزالة الرواسب ١٤٤٧ قبل الميلاد.

•كان لجزيرة ساموس، اليونان، ٥٠٠ قبل الميلاد، أنظمة توصيل المياه ونظم تصريف مياه الصرف الصحي.

• أوصى أبقراط(Hippocrates، ٤٦٠ قبل الميلاد)، بتصفية المياه من خلال القماش، واختيار المياه النقية للشرب.

•وقد تطورت طرق ترشيح المياه عبر القرون، بالرغم من أن بعض الأساليب لم تتغير بشكل ملحوظ خلال تلك الفترة نفسها.

• كان اختراع المجهر من قبل يانسن هانز له تأثير عميق على فهم الإنسان للملوثات التي تنقلها المياه.

• وجد روبرت هوك الكائنات الحية في قطرة ماء وساعد على المضي قدما في اكتشاف البكتيريا.

• وثق أنتوني فان ليوينهويك الملاحظات والتجارب مع الحيوانات صغيرة.

•ا قترح لويس باستور نظرية جرثومة المرض.

• تتبع الدكتور جون سنو مسار تفشي وباء الكوليرا لإثبات أن الجراثيم في المياه تسبب تفشي المرض.

• تم التحقق من نظرية جرثومة المرض في عام ١٨٧٦ من قبل روبرت كوخ مع اكتشافه لجرثومة الكوليرا Vibrio cholerae.

• عمل كثير من العلماء في طرق لتنقية المياه على نطاق واسع، وكان الترشيح الرملي ناجحاً بشكل خاص.

• تم تطوير أول محطة لمعالجة المياه البلدية في بيزلي في أسكتلندا، في عام ١٨٠٤ .

• تم استخدم العلاج بالكلور لأول مرة في١٨٥٠ ، في عام ١٩٩٧، وصفت مجلة الحياة الكلورة بأنها ربما أكثر تقدماً في الصحة العامة والأكثر أهمية منذ آلاف السنين.

• تم إنشاء معايير جودة المياه الاتحادية في الولايات المتحدة لحماية مياه الشرب من بداية عام ١٩١٤، وأصبح قانون المياه الصالحة للشرب لعام ١٩٧٤ قانون لمعالجة المياه.

• يمكن أن تتدهور جودة المياه بمجموعة متنوعة وواسعة من الطرق، سواء طبيعية، أو بفعل البشر، ويمكن تجنب تلوث الإنسان.

• الملوثات البيولوجية تشمل الكائنات الحية المسببة للأمراض.

• تشمل المواد الكيميائية غير العضوية السيانيد، الفلورايد، والمعادن الثقيلة مثل الرصاص.

• يمكن أن تسبب الأسمدة المرض لدى البشر والثدييات الأخرى.

• يمكن للمواد الكيميائية العضوية، والمذيبات الصناعية، وبعض المبيدات، أن تكون ضارة ايضا.

• يمكن للنويدات المشعة من التجارب النووية، والنفايات المشعة، والتعدين ان تكون مميتة.

• تحلية مياه البحر للشرب ممكنة من الناحية التكنولوجية ولكن لا تزال مكلفة للغاية.

• تحلية المياه تنتج أيضا كميات كبيرة من النفايات المالحة جدا التي يجب أن يتم التعامل معها بأمان.

• يؤدي عدم كفاية معالجة مياه الصرف الصحي إلى قضايا لصحة الإنسان على نطاق واسع.

• بعض المدن (٢٥٠٠ قبل الميلاد) بها حمامات متصلة بالصرف الصحي، ولكن لا تزال النفايات تواصل تلوث المياه في المدن والبلدات والقرى.

• توفي ما يصل إلى ٤٠ ٪ من سكان أوروبا خلال عصر الموت الأسود من ١٣٤٧ حتى ١٣٥٠م.

• الأطفال هم أكثر عرضة للمرض من الكبار اليوم، على مستوى العالم ما يقرب من مليوني طفل يموتون سنويا بسبب الإسهال والأمراض التي تنقلها المياه.

• يساعد الفقر وقلة التعليم في انتشار المرض.

• كان الصرف الصحي ومازال مسألة حياة أو موت.

• تم تمرير قانون المياه النظيفة لعام ١٩٧٢، في الولايات المتحدة، لاستعادة الصفات الكيميائية والبيولوجية، والفيزيائية الطبيعية للممرات المائية في البلاد.

• على مستوى العالم، ٤٠ ٪ من السكان أكثر من ٢,٦ مليار شخص، لا يزالون مفتقرين إلى مرافق الصرف الصحي الأساسية.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١ .ما هي بعض الطرق القديمة لتنقية مياه الشرب؟

أ. على الرغم من أنه لم يكن لديهم المعرفة في عالم الجراثيم، ففي حوالي عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد، قام الإغريق بتصفية المياه من خلال الفحم والرمل والحصي لتحسين مياه الشرب. تعرض المياه لأشعة الشمس، والغلي، ووضع القضبان النحاسية الساخنة في الماء قبل الشرب. من الطرق التي استخدمت لتحسين الطعم. وجهت الثقافة الهندوسية القديمة الناس لغلي الماء لتحسين طعم الماء، أو تعريضه لأشعة الشمس، أو وضع قضيب ساخن من النحاس في الماء سبع مرات، وتصفيته، ومن ثم السماح لتبريد الماء في وعاء فخاري، واستخدام طرق معالجة المياه الأخرى وإزالة الرواسب ، مثل استخدام جهاز ترسيب، أو سيفون الفتيل في المطبخ المصري. حاول في وقت لاحق أيضا المصريون إزالة المواد الصلبة العالقة عن طريق إضافة الشب (كبريتات الألمنيوم) الذي يعمل كمجمع يجمع الجسيمات بحيث تكون أكبر وأسرع في الترسيب، وتترسب ككتلة، هذا الترسيب يترك الماء واضحاً (ص ٣٩٠-٣٩١).

٢ .لماذا يعتبر الدكتور جون سنو الأب الفخري لعلم الأوبئة؟

أ. استخدم الدكتور سنو مهاراته بوصفه طبيباً وباحثاً لتحديد مصدر وباء الكوليرا في لندن عام ١٨٥٤ . اهتمامه بالتفاصيل، ودقة ملاحظاته الخطية، مع التحليل الإحصائي والمكاني لاستنتاجاته، كانت متوقعة من عالم الأوبئة الحديث، وليس من طبيب في القرن التاسع عشر، تقنياته هي تلك المستخدمة في علم الأوبئة الحديثة - بمساعدة من أجهزة الكمبيوتر والبرمجيات. حقيقة أن الدكتور سنو وضع الأسس المستخدمة اليوم وهذا هو السبب في كثير من الأحيان بأن يعتبر هو الأب لعلم الأوبئة (ص ٣٩٨-٤٠٠).

٣ .كيف يمكن تحسين عملية الترشيح الرملي مع مرور الوقت؟

أ. في ١٦٨٥، نشر الطبيب الإيطالي أنطونيو لوك بورزيو تفاصيل أول طريقة الترشيح متعددة الرمال المعروفة. عمل الدكتور بورزيو على الصرف الصحي الشامل للجنود المقاتلين في الحرب التركية النمساوية، واقترح الإجهاد، والتصفية المتعددة للمياه، من خلال الرمل لتوفير مياه الشرب النقية للجنود. في ١٧٤٦ تم منح جوزيف الفرنسي إيمي البراءة الأولى لتصميم فقام تصفية المياه، الذي يتألف من الإسفنج والرمال. في عام ١٧٩١، حصل المهندس البريطاني جيمس بيكوك على براءة اختراع ماء الغسيل العكسي الثلاثي للتصفية. في عام ١٨٠٤ أصبحت بيزلي في أسكتلندا أول مدينة لتوصيل المياه التي تمت تصفيتها لجميع السكان. يعتمدالنظام على

طبقة من الرمال والحصى لمنع مرور الملوثات المنقولة عن طريق المياه. حصل هنري دارسي على براءة اختراع لتنقية المياه في فرنسا انجلترا، كما عمل دارسي على أنظمة الترشيح الرملي السريع التي جري تطويرها في أمريكا. تسمح هذه العملية لمزيد من المياه بالتدفق من خلال مرشحات في فترة ٢٤ ساعة، وتستخدم الغسيل العكسي، أو نافثات (نوافير) الماء، والمحرض الميكانيكي لتنظيف مرشحات الرمل والحصي (ص ٤٠١-٤٠٤).

٤. ما هي مشاكل التي تنشأ من الملوثات البيولوجية في نظام إمدادات مياه الشرب؟

أ. من الأحياء المسببة للأمراض الأكثر انتشاراً في الدول المتقدمة الكريبتوسبوريديوم *Cryptosporidium parvum* والإشريكية القولونية *Escherichia coli* (ص ٤١٠-٤١١).

٥. ما هي المشاكل التي نشأت من معالجة مياه الصرف الصحي غير الكافية خلال القرون السابقة؟

أ. مياه الشرب الملوثة كانت أحد الأسباب الرئيسية للمرض والوفاة في جميع أنحاء العالم (ص٤٢٩ - ٤٣٠).

٦. ما هي بعض قضايا مياه الصرف الصحي الحالية في جميع أنحاء العالم؟

أ. استمرار عدم شرب المياه النظيفة، وعدم وجود معالجة، أو معالجة غير مناسبة لمياه الصرف الصحي والتخلص منها، وعدم وجود شبكات الصرف الصحي (المراحيض والحمامات) التي لا تزال تمثل مشاكل في أجزاء كثيرة من العالم، وباء *Giardiasis* and *cryptosporidiosis*، والتلوث ببكتريا القولوني، والطفيليات المختلفة ضمن المشاكل المستمرة. أكثر من مليار من سكان العالم لا يزالون يحصلون على مصادر مياه شرب غير آمنة بسبب التلوث بمياه الصرف الصحي. تؤدي مياه الشرب غير المأمونة إلى وفاة ما يقرب من مليوني طفل سنويا بسبب الإسهال، وغيرها من الأمراض المنقولة عن طريق المياه - أكثر من ٥،٠٠٠ طفل كل يوم (ص ٤٣٤-٤٣٥).

٧. هل يمكن ضمان جودة جيدة من المياه دون صرف صحي مناسب؟ اشرح أفكارك.

أ. مختلف الإجابات، إلا أن الجواب الأساسي لا؛ لأن التلوث من المستحيل منعه.

٨. لماذا الحصول على المياه النظيفة والصرف الصحي أساس جميع الحقوق البشرية الأخرى؟

أ. مختلف الإجابات، ولكن إذا كان السكان ليسوا بصحة جيدة، فالحريات الأخرى لا معنى لها، الاستيقاظ كل يوم على مياه نظيفة، وأخذ الدش، والذهاب إلى المرحاض هي توقعات صغيرة تحدد الحياة الكريمة. النضال من أجل أساسيات الحياة يحول دون التركيز على التعلم، والمشاركة في المجتمع، والفن، وبكل بساطة المتعة.

لمزيد من القراءة

1. Specter. Michael. 2006. "The last drop." New Yorker. October 23. 2006.

2. Carcopino. Jerome. 1947. Daily Life in Ancient Rome. New Haven. Conn.: Yale University Press. QUESTIONS FOR ANALYSIS 365

3. Baker. M. N.. 1981. The Quest for Pure Water.2nd edn.vol. 1. Denver. Col.: American Water Works Association.

References

[1] World Health Organization (WHO). November 2002. General Comment No. 15 on the implementation of Articles 11 and 12 of the 1966 International Covenant on Economic. Social and Cultural Rights

[2] National Driller."Building from the past." http://www.nationaldriller.com/CDA/Archives/c9275bc6c6197010VgnVCM 1000000f932.March 2007

[3] M. N. Baker. 1981. The Quest for Pure Water.2nd edn.vol. 1. Denver.Colo.: American Water Works Association.p 2; and American Water Works Association.Brief History of Drinking Water.http://www.awwa. org/Advocacy/news/info/HistoryofDrinkingWater.cfm. March 2007

[4] Water History.org.Water and Wastewater Systems in Imperial Rome.http://www.waterhistory.org/histories/rome/. March 2007

[5] National Driller. "Building from the past"

[6] National Driller. "Building from the past"

[7] N. A. Darmani. 1995. "Avicenna: the prince of physicians and a giant in pharmacology." Journal of the Islamic Medical Association of North America 26. 78–81; also "Avicenna: the prince of physicians and a giant in pharmacology." hhttp://www.afghan-network.net/Culture/avicenna.html. March 2007

[8] Brian J. Ford. 1992. "From dilettante to diligent experimenter: a reappraisal of Leeuwenhoek as microscopist and investigator." Biology History 5(3)

[9] Letter from Antony van Leeuwenhoek to the Royal Society of London.September 17. 1683

[10] M. Bentivoglio and P. Pacini. 1995. "Filippo Pacini: a determined observer." Brain Research Bulletin 38. 161–165

[11] Edward Stitt. 1922. The Diagnosis and Treatment of Tropical Diseases.Philadelphia. Penn.: P. Blakiston's Son

[12] Jennings. George Henry. 1881. An Anecdotal History of the British Parliament.from the Earliest Periods to Present Times. London: D. Appleton and Company. p 276

[13] M. Madigan and J. Martinko.eds.. 2005. Brock Biology of Microorganisms.11th edn. New York: Prentice Hall

[14] University of California Los Angeles (UCLA) Department of Epidemiology.School of Public Health. "John Snow." www.ph.ucla. edu/epi/snow.html. March 2007

[15] See Steven Johnson. 2006. Ghost Map. London: Riverhead.for an excellent discussion of this London epidemic and the work of 366 DRINKING WATER AND WASTEWATER TREATMENT Dr. John Snow. In addition.additional information can be found at the University of California at Los Angeles (UCLA) Departmentof Epidemiology.School of Public Health website. "John Snow."http://www.ph.ucla.edu/epi/snow.html

[16] Ford. "From dilettante to diligent experimenter"

[17] National Driller. "Building from the past"

[18] Daniel A. Okun. 1996. "From cholera to cancer to cryptosporidiosis." Journal of Environmental Engineering 122. 453–458

[19] American Chemistry. "Chlorhexidine: controlling infection inhumans and animals." http://www.americanchemistry.com/s_chlorine/sec_content.asp?CID-1269&DID=4749. March 2007

[20] Water Quality and Health Council."The history of chlorine." http://www.waterandhealth.org/drinkingwater/history.html.March 2007

[21] World Health Organization

[22] US Environment Protection Agency (USEPA)."Alternative disinfectants and oxidants." http://www.epa.gov/safewater/mdbp/pdf/alter/chapt_3.pdf. March 2007

[23] American Water Works Association."Ozonation." http://www.awwa.

org/Advocacy/pressroom/ozone.cfm. March 2007

[24] USEPA. http://www.epa.gov/safewater/

[25] Kathleen Blair.Epidemiologist.City of Milwaukee Health Department. 1995. "Cryptosporidium and public health." Drinking Water and Health Newsletter.http://waterandhealth.org/newsletter/old/03–01–1995.html. March 2007

[26] S. E. Hrudey.et al. 2003."A fatal water-borne disease epidemic in Walkerton. Ontario: comparison with other waterborne outbreaks in the developed world." Water Science and Technology 47. 7–14

[27] Westerners for Responsible Mining. 2004. Clean Abundant Water.http://www.bettermines.org/clean_water.cfm. March 2007

[28] 911 Water."The history of water purification." http://www.911water.com/content/water-facts.php. March 2007

[29] USEPA. http://www.h2o4u.org/regulations/syorg.html. March 2007

[30] USEPA.http://www.epa.gov/safewater/radionuclides/basicinformation.html. March 2007

[31] US Geological Survey (USGS). 1997. Radioactive Elements in Coal and

Fly Ash: Abundance.Forms.and Environmental Significance. Fact Sheet

FS-163–97. Washington. D.C.: US Government Printing Office

[32] Australian Drinking Water Guidelines.Water and Human Health.http://www.waterquality.crc.org.au/consumers/Consumersp12.htm.March 2007

[33] USGS. "Thirsty? How 'bout a cool.refreshing cup of seawater?" http:// ga.water.usgs.gov/edu/drinkseawater.html. March 2007 QUESTIONS FOR ANALYSIS 367

[34] US Desalination Coalition."Desalination . . . in brief." http://www.usdesal.org/issue/desal.htm. March 2007

[35] US Department of Health and Human Services.Public Health Statement: Arsenic. http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs2.html. March 2007

[36] USEPA.Perchlorate.http://www.epa.gov/safewater/contaminants/unregulated/perchlorate.html#one. March 2007

[37] UNICEF.Water.Environment.and Sanitation.http://www.unicef.org/wes/.March 2007

[38] Michael Specter. 2006. "The last drop." New Yorker. October 23. 61–63

[39] UNICEF."Voices of youth: explore." http://www.unicef.org/voy/explore/wes/explore_1856.html. March 2007

[40] UNICEF. "Voices of youth: explore"

[41] G. Howard and J. Bartram. 2003. Domestic Water Quality.Service Level and Health. Geneva. Switzerland: World Health Organization

[42] S. Cairncross. 1993. "Control of enteric pathogens in developing countries".in Environmental Microbiology. R. Mitchell.ed.. New York: Wiley-Liss.pp. 157–189; Malawi Government. 1999.Water Resources Management Policies and Strategies. Lilongwe. Malawi: Ministry of Water Development

[43] D. Bradley. 1977. "Health aspects of water supplies in tropical countries".in R. Feacham. M. McGarry.and D. Mora.eds. Water.Wastes.and Health in Hot Climates.Chichester. UK: John Wiley.pp 3–17; M. Falkenmark. J. Lundqvist.and C. Widstrand. 1989. "Macro-scale water scarcity requires micro approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development." Natural Resources Forum 13.258–267; E. A. Petersen. L. Robert. M. S. Toole.and D. E. Peterson. 1998."The effect of soap distribution on diarrhea: Nyamithuthu refugee camp." International Journal of Epidemiology 27. 520–524.

[44] R. G. Feachem. 1986. "Water supply in low-income communities in developing countries." Journal of Environmental Engineering 101. 687–700

[45] J. Wirima and P. A. Reeve. 1990. Common Medical Problems in Malawi.Lilongwe. Malawi: Ministry of Health

[46] Bradley. "Health aspects of water supplies in tropical countries"

[47] Howard and Bartram.Domestic Water Quality. Service Level and Health

[48] Jerome Carcopino. 1947. Daily Life in Ancient Rome. New Haven. Conn.: Yale University Press

[49] Paris Kiosque."The remarkable sewer of Paris." http://www.paris.org/Kiosque/mar97/egouts.html. March 2007

[50] Ernest L. Sabine. 1933. "Butchering in Mediaeval London." Speculum 8. 335–353

[51] Victor Hugo. 1862. Les Mise´rables

[52] History of Water Filters.com."The past.present. and future of water filtration technology" 368 DRINKING WATER AND WASTEWATER TREATMENT

[53] The Nation. March 4. 1875

[54] Tiscali."Sewage disposal." http://www.tiscali.co.uk/reference/encyclopaedia/hutchinson/m0007897.html. March 2007

[55] UNICEF.Water.Environment. and Sanitation

[56] UNICEF. "Voices of youth: explore" QUESTIONS FOR ANALYSIS 369

الفصل الثاني عشر

قانون توزيع المياه

Water Allocation Law

الخمر للشرب، وتقوم الحروب من أجل الماء.

غالبا ما تنسب إلى مارك توينMark Twain

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- مقدمة
- التطور التاريخي للقوانين توزيع المياه
- تطوير مبادئ الأراضي المتشاطئة
- تطوير مبادئ قبل الامتلاك
- تطور مبادئ قبل الامتلاك
- قوانين توزيع المياه الجوفية
- الاتفاقات بين الولايات
- قوانين توزيع المياه الجديدة
- الجهود الدولية

المقدمة

Introduction

من يمتلك الماء؟ من يسيطر على الماء؟ وكم مرة طرح الموضوع في حياتك اليومية؟ معظمنا لا ينفق الكثير من الوقت في التفكير حول المياه والممتلكات، عند تشغيل الدش، وخرطوم الماء، والصنبور، يظهر الماء الذي هو مياهنا نشتري الماء من المدينة، أو من منطقة المياه، ومع ذلك، من أين تحصل المدن على مياهها؟ هل هناك بئر،

وخزان، وبحيرة؟ من الذي يحدد كمية المياه التي يمكن تحويلها من الجدول المائي، والبحيرة أو المياه الجوفية إلى المدينة؟ ماذا يحدث إذا كانت المدينة بحاجة إلى المياه ويستخدم المصنع المحلي أكثر من نصيبه، ويتسبب في نقص مياه المدينة؟

افترض أن مجرى مائياً يمر عبر أرضك، هل تلك المياه تستخدمها كما يحلو لك؟ هل يمكنك بناء سد على المجرى ووقف المياه إلى المصب لجيرانك؟ ماذا يحدث اذا قرر الجيران رفع دعوى في المحكمة بدعوى تجفيف مجرى المياه (انظر الشكل ١٢,١)؟ كانت المياه دائما موضوعا للجدل، في الحقيقة كل هذه الأسئلة تحتاج إلى إجابات، مما يقودنا إلى موضوع قانون توزيع المياه، أو "من يحصل على المياه وكميته؟"

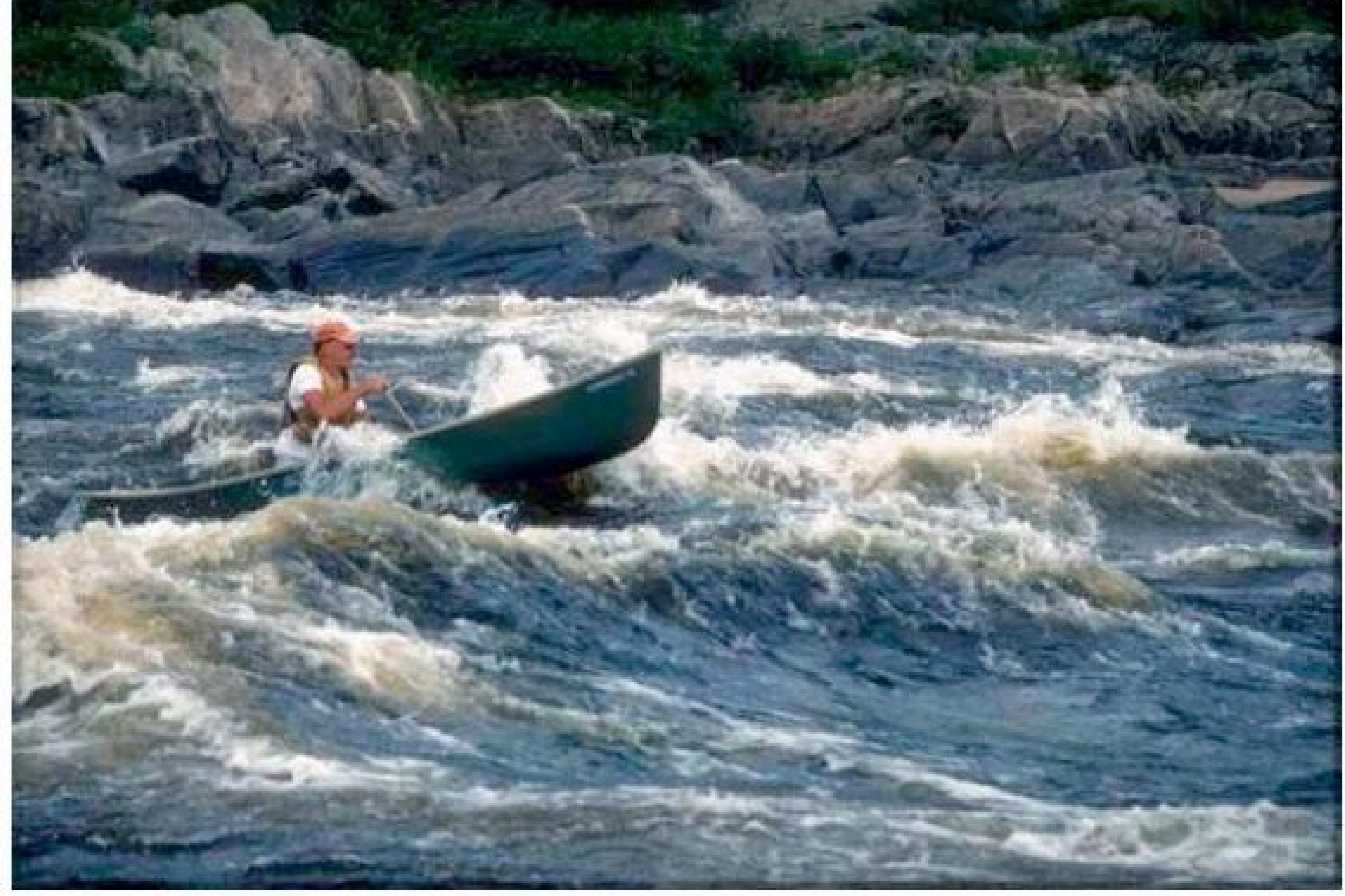


شكل ١٢,١. هذه المشادة هي محاكاة ليس بعيدا جدا عندما يحدث عندما تصبح حقوق المياه قضية.

يتعامل قانون توزيع المياه مع الملكية، والسيطرة، واستخدام الموارد المائية لمدى واسع من الأغراض. لقانون توزيع المياه صلة وثيقة بقانون الرهن العقاري وخاصة في المناطق القاحلة في العالم، حيث إن تنظيمات المياه غير مقيدة في المناطق الرطبة نسبيا. في العقود الأخيرة. تم اعتماد قوانين لحماية جودة المياه وجودة والبيئة. قانون المياه يمكن أن يكون له العديد من الآثار الاقتصادية والبيئية، سواء كانت إيجابية أو سلبية، ومع ذلك، فقد أدت حاجتنا، أو الرغبة في النمو الاقتصادي والتنمية، والحاجة إلى حماية الصحة البشرية والبيئية إلى الأنظمة الحالية لقوانين المياه في جميع أنحاء العالم.

قد يكون من الصعب جداً توزيع وتنظيم المياه بسبب ميزاته الفريدة، وعلى العكس من اليابسة. فان المياه يمكن نقلها من موقع إلى آخر، وكمية إمدادات المياه تتغير من سنة إلى أخرى، وأحياناً كل يوم. في بعض الحالات، يمكن استخدام الماء عدة مرات من قبل عدة مستخدمين، وفي مواقع أخرى. يتم استخدام المياه مرة واحدة ومن ثم يعود إلى الأنهار، والبحيرات، والجداول المائية، وطبقة المياه الجوفية، أو المحيط، في بعض الحالات، وقد تختلف

إحتياجات إمدادات المياه مع اختلاف المستخدمين، ولكنها قادرة على المشاركة في استخدام المياه مع مستخدم آخر - مثل لعبة تجديف القوارب الخشبية النهرية في فصل الربيع والمزارعين بعد ذلك في فصل الصيف. ينظم التجديف في العديد من المواقع من قبل الوكالة العامة ويتحكم مكتب إدارة الأراضي (BLM) على جزء كبير من الأراضي المخصصة للأغراض الترفيهية في الغرب الأمريكي. الاعتبار في الإدارة الترويحية في هذه المواقع هو مدى توقيت إطلاق المياه من الخزانات لتعزيز ألعاب التجديف (الشكل ٢ , ١٢).



شكل ١٢,٢. هذا الكانو (المجدف) في نهر ريوغراندي في نيومكسيكو يجدف مستمتعا بالمياه العالية بالموسم.

(Photograph courtesy ofhttp://www.nmosg.com /Canoe/.)

يمر قانون توزيع المياه بتغيرات عميقة في بعض المناطق من العالم، في دول مثل جنوب أفريقيا، وتشيلي، وأستراليا. يجري توزيع المياه السطحية نحو الأغراض العامة والبيئة، وفي مواقع أخرى، يجري إعداد قانون توزيع المياه الجوفية - كما هو الحال في ولاية لويزيانا وغرب فرجينيا، وفي ولايتي نبراسكا وآيداهو، دمج قانون المياه مع حالات توزيع المياه السطحية. فن وعلم قانون توزيع المياه آخذ في التغير كما هو التغير في الصراع على الموارد المائية والاحتياجات.

وأنت تقرأ هذا الفصل يجب الأخذ بعين الاعتبار مناخ المنطقة ونحن نناقش تطوير قانون توزيع المياه في جميع أنحاء العالم، حيث يتطلب المناخ الجاف والموارد المائية الشحيحة التوزيع والحفاظ على إمدادات المياه بشكل صارم. توفر المناخات الرطبة إمدادات وافرة من المياه، على الرغم من ذلك يمكن أن يحدث النقص موسميا أوخلال فترات الجفاف الطويلة. في هذه المناطق الرطبة يتم تطوير قانون توزيع المياه على الأرجح في جميع أنحاء المناطق المتشاطئة (ضفاف الأنهار والشواطئ) وحسب احتياجات ملاك الأراضي المجاورة إلى جداول الملاحة

المائية، والطاقة المائية للمطاحن، وغيرها من الاستخدامات الاستهلاكية المنخفضة للمياه. طور الرومان القدماء، وسكان غرب اوربا، وبعض مناطق أفريقيا، ونيوزيلندا، والأجزاء الشرقية من كندا والولايات المتحدة قوانين أكثر ملائمة لهذه القضايا المشاطئة.

التطور التاريخي لقوانين توزيع المياه Historical Development of Water Allocation Laws

بلاد ما بين النهرين Mesopotamia

خلال هذا الكتاب، تبين أن التاريخ يوضح العلاقة المهمة بين تطوير إمدادات كافية من المياه وتحقيق التقدم الاجتماعي والاقتصادي لأي حضارة، في الفصل الثاني، ناقشنا النمو في وقت مبكر من بلاد ما بين النهرين في زراعة الأراضي الواقعة بين نهري دجلة والفرات في منطقة الشرق الأوسط. تذكر من المناقشة السابقة الظروف المناخية القاسية في المنطقة ومعدل سقوط الأمطار السنوي من١٥-٢٠سم فقط (٦-٨بوصة) وارتفاع درجات الحرارة في الصيف إلى ٥٠ درجة مئوية (١٢٠ درجة فهرنهايت) في الظل. تمت إزالة الغطاء النباتي الأصلي من قبل المستوطنين في وقت مبكر منذ ٧٠٠٠ سنة قبل الميلاد من أجل إنشاء مساحات من الأراضي لزراعة المحاصيل وتربية الحيوانات المستأنسة للاستهلاك البشري، على الرغم من أن المناخ كان جافاً جدا، إلا أن التربة الخصبة في الوديان المعرضة للفيضانات وفرت فرصاً رائعة لأزدهار الزراعة المروية. قام المزارعون بتشييد الفتحات (قاطعات) على ضفاف النهر للسماح للمياه بالتدفق إلى السهول الفيضية الخصبة.

هذه المحاولة البدائية للري تمت أساساً في المناخ الصحراوي فيما يعرف اليوم سوريا والعراق وتركيا، بعد ذلك استبدلت وتحسنت مع بناء شبكات معقدة من قنوات الري والسدود، والخزانات. بحلول ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد أصبحت كل مدينة من المدن الكبرى في المنطقة مركزاً لنظام قنوات الري. تتطلب مشاريع الري الكبيرة التعاون الكثير من المشاريع الصغيرة، وجهوداً مسبقة، وأوجدت الحاجة إلى الأنظمة والمؤسسات التي لم تكن معروفة سابقا. تطورت الحضارة كما أن الحكومة والقوانين تشكلت وتعدلت لاستيعاب النظم الاجتماعية والاقتصادية الأكثر تفصيلا.

نظَّم الحكام القدماء كيفية استخدام المياه ومحطات المياه الخاضعة لسيطرتهم، ووفر الري الغذاء، والأمن، وسمح للمجتمعات في التطور إلى ما بعد الصيد وجمع الثمار. حكم الملك حمورابي بابل (١٧٩٥-١٧٥٠ قبل

الميلاد)، وكان يعرف باسم "ملك العدل"، وطور قواعد واسعة من القوانين تسمى شريعة حمورابي، التي تضمنت بعض القواعد الأولى لاستخدام المياه في العالم - في المقام الأول للقضاء على النفايات.

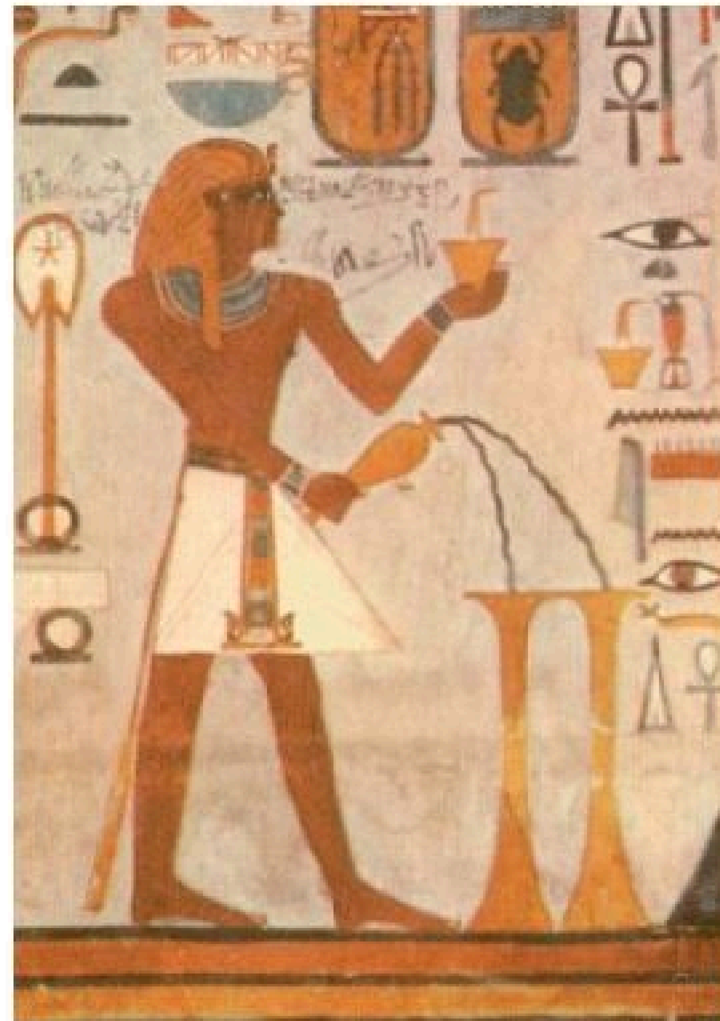
فكر في الآتي Think about It

ونحن نناقش قانون توزيع المياه في هذا الفصل، يجب ااخذ في الاعتبار الأهمية التاريخية التي ركزت على الحفاظ على المياه. لم يسمح للمياه القذرة بالقوانين الأولية، وذلك لأن إنتاج الغذاء - والحياة نفسها - تعتمد على استخدام إمدادات المياه المحدودة بكفاءة عالية، وكان الشغل الشاغل للبقاء على قيد الحياة، هل لا يزال الماء والبقاء على قيد الحياة يشكلان القضية اليومية؟

مصر Egypt

على عكس الحكام البابليين، فإن الفراعنة في مصر القديمة لم يطوروا قوانين مكتوبة تتعلق بالمياه (انظر الشكل ١٢,٣). صمم مقياس التدفق nilometers من قبل الحكام المصريين لقياس التدفق على طول ٦٤٣٧ كم(٤٠٠٠ ميل) من نهر النيل. ساعد هذا المقياس في قياس وتنبؤ لمياه الفيضانات الموسمية المتدفقة من مرتفعات إثيوبيا إلى الجنوب، ومع ذلك، ترك الري من النيل إلى الأجهزة وبراعة المزارعين.

قد يكون سبب عدم وجود قوانين صارمة لتوزيع المياه في مصر يرجع إلى أن فيضانات مياه نهر النيل أكثر قابلية للتنبؤ وثابتة مقارنة بمياه الفيضانات المتفرقة في نهري دجلة والفرات، كما أن إمدادات المياه على طول نهر النيل كانت أضخم وأكثر موثوقية من الأنظمة النهرية في بابل، وفي ذروتها خلال الفيضانات الموسمية تمت تغطية كامل السهول الفيضية لنهر النيل إلى عمق ١,٥ متر (٥ أقدام).



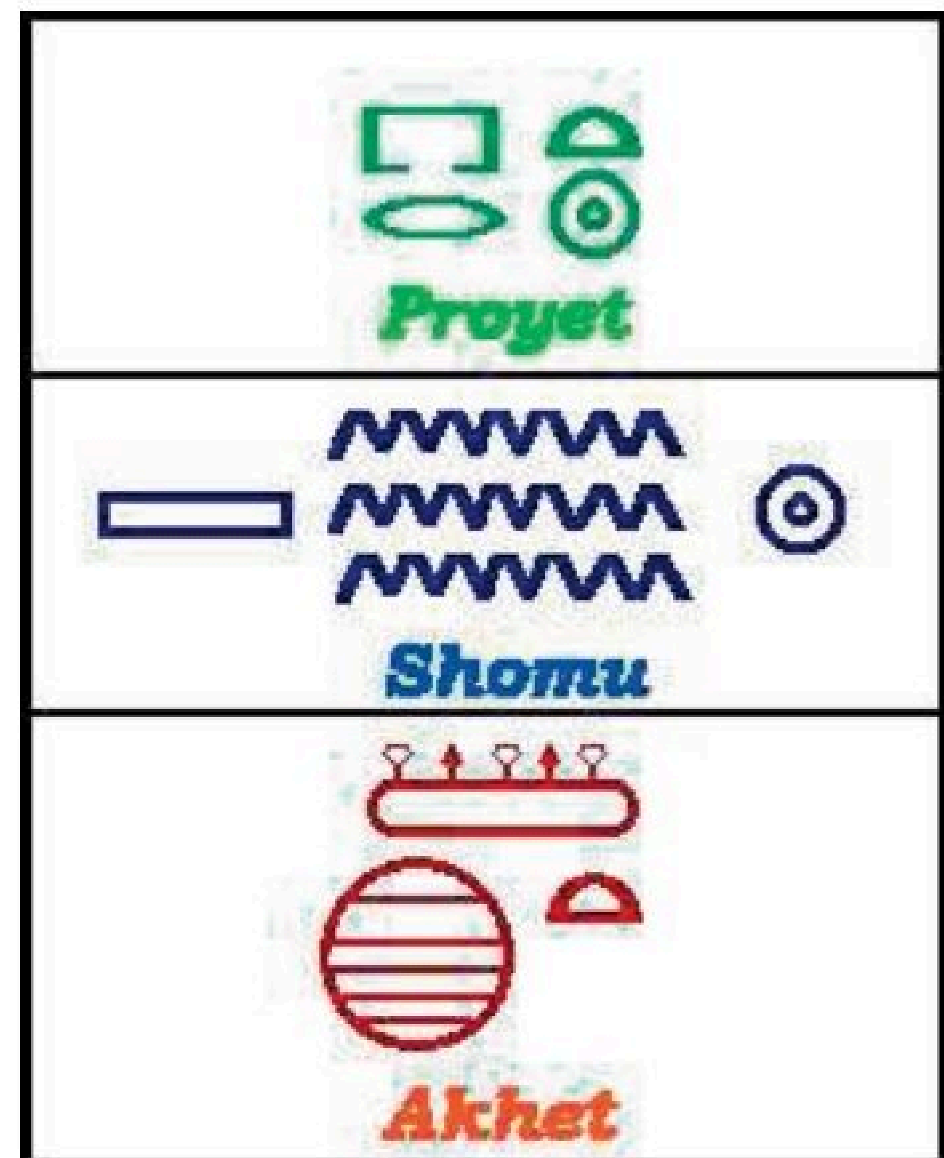
شكل ١٢,٣. تظهر اللوحة المصرية القديمة صب الماء.

مع القدرة على التنبؤ الكبيرة، تبدأ التدفقات في نهر النيل في الارتفاع في جنوب مصر في بداية شهر يوليو، وتصل إلى الطرف الشمالي من الوادي بالقرب من القاهرة بعد نحو أربعة إلى ستة أسابيع، وتبدأ مياه الفيضانات بالانحسار في أوائل أكتوبر، وبحلول نهاية نوفمبر فان أكثر من ١٠٦٢ كيلومتراً (٦٦٠ ميلاً) من طول وادي النهر تصبح جافة، يزرع المزارعين المحاصيل في ديسمبر ويتم الحصاد في فصل الربيع، ثم بطريقة سحرية لدى المصريين القدماء، تكرر العملية برمتهاحتى في العصر الحديث، يحتفل في يوم ١٧ يونيو باسم "ليلة النزول" ، مما يعني أن الدموع من إلهة إيزيس تبدأ في النزول، ويبدأ النهر مرة أخرى بالفيضان.

> تم تقسيم التقويم المصري القديم إلى ثلاث مواسم استناداً إلى دورات نهر النيل. وهي **akhet**، الفيضانات والسيول، و**proyet**، موسم النمو، و **shomu**، موسم الجفاف أو الحصاد (انظر الشكل ١٢,٤).

> لم يتم العثور على قوانين المياه المصرية مكتوبة قديما، على الرغم من أهمية الري إلى الفراعنة وحجم المجتمع المصري. وقد أجريت عمليات الري من قبل مجموعات المزارعين المحليين التي تستخدم المياه. لم تكن قضايا الصيانة مهمة لتوقع فيضانات نهر النيل، ولم تحدث بسرعة، ولا تنتقل المياه لمسافات كبيرة.

التغييرات في الحكومة المصرية لم تؤثر على الأنظمة الادارية الزراعية والري. لم يطلب المصريون المشاركة القوية من الدولة للعمل في شبكات الري، والإمدادات كانت مستقرة بشكل عام، وهذا يعدُّ فرقاً كبيراً بين نظام مصر وبين النظام في بلاد ما بين النهرين الذي تم وصفه سابقا، لا يوجد مكان آخر في العالم استمرت فيه الزراعة كما استمرت في وادي نهر النيل بمصر [١].



شكل ١٢,٤. تتزامن فصول المواسم المصرية مع دورات نهر النيل، وكانت تعرف بالغمر (وتنطق آخت **akhet**، وتستمر من ٢١ يونيو – ٢١ أكتوبر)، والظهور (وتنطق برويت **proyet**، وتستمر من ٢١ أكتوبر – ٢١ فبراير)، والصيف (وتنطق شمو **shomu**، وتستمر من ٢١ فبراير – ٢١ يونيو).

(Image courtesy of http://www.mnsu.edu/.../egypt/dailylife/calendar.html.)

الصين China

كان يو العظيم أول مدير لمياه الصين، وأصبح بعد ذلك إمبراطور الصين حول٢٢٨٠ قبل الميلاد، وكان له دَور فعال في تطهير وبناء السدود على طول نهر هوانغ هي (النهر الأصفر) إلى استصلاح الأراضي الزراعية والسيطرة على الفيضانات. لقد طورت مشاريع الري الممولة حكوميا في وقت لاحق نحو ٥٦٠ قبل الميلاد. تم الانتهاء من قناة شينج الحكومية للري، وحوالي ٣٠٠ قبل الميلاد. تم الانتهاء من قناة تشانغ شوى وتشنغ كو للري. ارتبطت إدارة المياه الصينية ارتباطا وثيقا بالدولة، وصدر قانون المياه القديم في الصين حوالي ٥٠٠ سنة قبل الميلاد.

الإمبراطورية الرومانية Roman Empire

أنشأ المجتمع الروماني نظام محكماً من القوانين لمواطنيه، والممتلكات التي يسيطرون عليها، بما في ذلك المياه. في ٥٢٨ م أمر الإمبراطور الروماني جستنيان الأول Justinian I (483-565 م) بأن يتم تجميع جميع القوانين الرومانية الموجودة في قانون واحد، وسمي مدونة القانون، وأصبحت معروفة باسم قانون جستنيان (المعروفة أيضا باسم Corpus Juris civilis، أو جسد القانون المدني)، وكان الأكثر شمولية وتفصيلاً لجميع القوانين في العالم في ذلك الوقت.

يقسم القانون الروماني القديم حقوق المياه إلى ثلاث فئات: (١)خاصة، ويتيح القانون لهم استخداماً غير مقيد وغير محدودمن المياه لصاحبه منهم، إستناداً إلى موقع الأرض التي تقع المياه بها. (٢) المشتركة، وهذا يعني أن من حق الآخرين استخدام المياه لأي غرض كان، دون حدود أو التي لا تحتاج إلى إذن من الآخرين أو من الدولة. و (٣) العامة، مما يعني أن استخدام تلك المياه كانت خاضعة لسيطرة الدولة (الروم).

من المهم أن نلاحظ أن القانون الروماني قد أثر كثيراً على التشريعات في معظم الدول الحديثة.كتبت هذه القوانين لتوفير الاستقرار الاجتماعي والاقتصادي، وتوفير قواعد لجميع المواطنين لمتابعتها بما في ذلك جوانب استخدام المياه السطحية. الحماية البيئية، وتوزيع واستخدام المياه الجوفية، لم تشرع أو تؤخذ في الاعتبار.

بريطانيا العظمي Great Britain

القانون الإنجليزي، بما في ذلك الجوانب المتعلقة باستخدام المياه، وضعت على مدى فترة طويلة، ولقد طورت واستخدمت وصقلت الأعراف والاتفاقيات في جميع أنحاء إنجلترا للسنوات ٢٠٠٠ الماضية. كتبت الملكة

ماريتا Martia، زوجة ملك المملكة الإنجليزية الصغيرة، واحدة من الخلاصات الأولى من القانون الإنجليزي، وبعد ذلك أدرج ضمن القانون العام الإنجليزي من قبل وليام الفاتح William the Conqueror حوالي عام ١٠٦٦م. وخلال هذا الوقت نفسه، كانت مناجم القصدير في بريطانيا العظمى تزخر بالقوانين، بعضها تخص استخدام ونقل المياه في الترع والقنوات (وتسمى leats) إلى المناجم. في عام ١٧٦٩ أكمل السير وليام بلاكستون William Blackstone كتابه "التعليقات على قوانين إنكلترا Commentaries on the laws of England"، والذي أصبح الكتاب المقدس لأكثر المحامين الأمريكيين.

إسبانيا Spain

إتبع ملك قشتالة (جزء من إسبانيا)، ألفونسو الحكيم Alfonso (1212-1284)، الإمبراطور الروماني جستنيان الأول وجمع كل القوانين الإسبانية في سبعة أقسام من القوانين (Las siete partidas). وهي واحدة من المعالم البارزة في القانون الاسباني والعالمي، وهناك سمة أساسية للقانون وهي أن جميع المياه والأراضي والمعادن تخص التاج الملكي (الملك أو الملكة)، ويكون لملك أو ملكة إسبانيا منح الملكية الخاصة لمن يشاء، يسمح Partidas للامطار الساقطة والمياه الجارية منها على سطح الأرض (لا تشمل مياه الأنهار أو البحيرات) أن تستخدم دون الحصول على إذن، وبالإضافة إلى ذلك. استخدام المياه للأغراض المنزلية - سواء كان للشرب والغسيل والتنظيف بالاستخدام غير المحدود.

لاحظ التباين الهائل في السيطرة على توزيع المياه واستخدامها بين عادات وتقاليد الفراعنة المصريين وبين ملك وملكة إسبانيا بعد آلاف السنين. في مصر، احتفظ الأفراد والجماعات من المزارعين بالسيطرة على أراضيهم ومياه الري، وفرضت الضرائب على المزارعين المصريين القدماء، ولكن قرارات إدارة المياه المحلية عهدت للمزارعين، وهذا لم يحدث حتى في زمن ألفونسو الحكيم في إسبانيا، أو مع أسلافه. إمدادات المياه في إسبانيا كانت محدودة - وأقل انتظاما -مقارنة بالتدفق في نهر النيل الواسع. هذا النوع من إمدادات المياه غير الموثوق بها يتطلب سيطرة حكومية أكثر صرامة. تطور قانون المياه بالاعتماد على المناخ، والثقافة، وربما من خلال شخصيات حكام اليوم.

المكسيك Mexico

استخدم المستوطنون الإسبان في المكسيك نظام السقاية العربي acequia لتوزيع المياه في ري الأراضي القاحلة في أمريكا الشمالية، وقد تم تعيين شخص من قبل الحاكم المحلي يسمى mayordomo، أو المشرف، للحفاظ والإشراف على توفير المياه في قناة للري. يتلقى المزارعون نسبة معينة من الماء في الخندق لحقولهم -تتغير كمية المياه للمزارعين يوميا حسب تقلبات تدفق المياه في النهر، أو الجدول المائي، وكانت المكسيك على مسافة بعيدة من مدريد، والاتصالات قد تستغرق شهوراً أو حتى سنوات. قرارات المياه تحتاج إلى السرعة، في بعض الأحيان.

وهكذا أعطيت السيطرة المحلية إلى ayuntamiento (المجلس البلدي) الذي يسمى اليوم مجلس إدارة شركة الري.حاكم الولاية. يعينه الملك أو الملكة في إسبانيا، الذي يحتفظ بالسلطة النهائية حول قضايا توزيع ملكية الأراضي والمياه في المكسيك – بما في ذلك استخدام المياه الجوفية – لأنها أيضا محدودة في بعض المناطق. يقوم المجلس البلدي ayuntamiento بتوزيع المياه بين المجتمعات التي حولت المياه من النهر نفسه، وبالإضافة إلى ذلك، فإنها يمكن أن توزع الإمدادات المائية المحدودة بين الاستخدامات المتنافسة – مثل الأغراض المنزلية والري، كما يمكن للمجلس البلدي أن يحد من الكثافات السكانية في المناطق الأكثر جفافا، ومع ذلك. لم تكن هناك قيود على مياه الشرب. أخذت بعض المفاهيم في إدارة المياه المستخدمة من أعضاء مجلس المدينة من سكان المكسيك الأصليين، وكانت هناك عملية للري في المناطق القاحلة من البلاد، وقد وضعت أساليب للاستفادة من أفضل الموارد المائية الشحيحة.

فرنسا France

بعد الثورة الفرنسية اتبع نابليون الأول (١٧٦٩-١٨٢١) أفكار حمورابي ملك بابل، والإمبراطور جستنيان الأول من روما، والملك ألفونسو الحكيم من اسبانيا، وأمر بالتدوين (الجمع وتنظيم) لجميع القوانين الفرنسية – بما في ذلك تلك المتعلقة بالمياه. في عام ١٨٠٤ تم الانتهاء من قانون نابليون (ويسمى أيضا القانون المدني للقصر الفرنسي، أو القانون المدني الفرنسي، انظر الشكل ١٢,٥) ، الذي يعتبر واحداً من أعظم إنجازاته. حدد القانون حقوق المياه النهرية، والملاحة، وملكية قيعان الجداول المائية [٢]. وكانت لهذه القوانين جوانب مهمة من استخدام المياه وإدارتها التي من شأنها أن تنشئ المزيد من الحقوق والمسؤوليات لملاك الأراضي النهرية.

CODE CIVIL

DES FRANÇAIS.

TITRE PRÉLIMINAIRE.

Décrété le 14 Ventôse an XI.
Promulgué le 24 du même mois.

DE LA PUBLICATION, DES EFFETS ET DE L'APPLICATION DES LOIS EN GÉNÉRAL.

ARTICLE 1.er

LES lois sont exécutoires dans tout le territoire français, en vertu de la promulgation qui en est faite par le PREMIER CONSUL.

Elles seront exécutées dans chaque partie de la République, du moment où la promulgation en pourra être connue.

La promulgation faite par le PREMIER CONSUL sera réputée connue dans le département où siégera le Gouvernement, un jour après celui de la promulgation ; et dans chacun des autres départemens, après l'expiration du même délai, augmenté d'autant de jours qu'il y aura de fois dix myriamètres [environ vingt lieues anciennes] entre la ville où la

A

شكل ١٢,٥ نسخة من الصفحة الأولى من قانون نابليون عام ١٨٠٤.

أمريكا America

كما أن الإسبان استوطنوا في المكسيك وصحراء مناطق جنوب غرب الولايات المتحدة بين ١٥٠٠-١٧٠٠م، فإن الفرنسين والإنجليز استوطنوا الأجزاء الشرقية من كندا والولايات المتحدة. أصبح القانون العام الانجليزي طريقة لتوزيع المياه في المناطق الشرقية الرطبة من الولايات المتحدة. باستثناء ولاية لويزيانا، التي تأثرت بشكل كبير من قبل المستوطنين الفرنسيين وقانون نابليون. تم إدخال النظريات القانونية التي تم وضعها في المناطق الجافة من إسبانيا والبرتغال والمكسيك بالمواقع المعروفة اليوم باسم كاليفورنيا، أريزونا، ونيو مكسيكو، عملت أنظمة الساقية acequias ورئيس المجلس البلدي mayordomos، التي أدخلها الإسبان بشكل جيد على طول الأنهار والجداول الصغيرة لهذه المنطقة حيث كان من الضروري الري لتوفير الغذاء، وعندما أصبحت الولايات المتحدة دولة في عام ١٧٧٦ وضعت الأساس للولايات منفردة لتحديد الطريقة الخاصة لإدارة المياه - سواء بالنسبة للمياه السطحية والجوفية.

تطوير عقيدة المناطق المتشاطئة Development of the Riparian Doctrine

لقد استخدم ملاك الأراضي المياه من الجداول المائية لعدة قرون. في المناطق الأكثر رطوبة في العالم القديم. يمكن أن تستخدم الأنهار والجداول من قبل أي شخص للملاحة والصيد والسباحة، أو مياه الشرب، كلما زاد عدد السكان، ومع ذلك، حاول بعض أصحاب الأراضي المجاورة للجداول المائية، التي تسمى " الأراضي المتشاطئة" الحد من الوصول إلى المياه التي تمر عبر ممتلكاتهم، عن طريق أخذ الرسوم لمرور القوارب، وغيرها من أساليب الحد من النقل على الأنهار، وأصبحت أكثر انتشاراً. ملاك الأراضي على طول النهر قالوا بأن لديهم حقوق قانونية فريدة من نوعها لاستخدام المياه في النهر. قانون الروماني جستنيان، من القرن السادس الميلادي، الذي يعتبر أول قانون مكتوب فيها يتعلق بحقوق ملاك الأراضي النهرية، وتأثيرها على استخدام الجداول المائية المتاحة للملاحة.

الاستخدام العام لضفاف النهر هو جزء من قانون الأمم، تماماً كجزء من النهر نفسه، جميع الأشخاص وبالتالي، لهم الحرية في رسو سفنهم على ضفاف النهر، وربط الحبال بالأشجار المزروعة هناك، ووضع أي جزء من حمولتها هناك، كما تبحر في النهر نفسه، ومع ذلك، فإن ضفاف النهر هو ملك لأولئك الذين يجاورو. الأرض، وبالتالي زراعة الأشجار عليها هي ملك للأشخاص أنفسهم.

قانون جستنيان Justinian Code

قانون جستنيان (أكمل في عام ٥٣٣ م) وفيه أيضاً أنه يمكن استخدام المياه في الجداول من قبل الصيادين، وكذلك للملاحة، ولا يمكن أن يسيطر عليها الأفراد، وسمح لملاك الأراضي المتشاطئة للاستفادة من مياه الأنهار أو الجداول المائية للأغراض المنزلية، والزراعة، والطحن طالما كانت في الحد الأدنى ("بأقل قدر ممكن") أي استخدام معقول وليس له تأثير على المجرى. مع وجوب أن يرجع الماء المستخدم من قبل مالك الأرض المتشاطئة إلى الجدول المائي دون تغيير نسبي.

بعد ثلاثة عشر قرنا، في عام ١٨٢٧، تمت تسوية نزاع على المياه في قضية "من الذي يملك النهر" في المحكمة العليا برود آيلاند. في عام ١٨٢٧ حكمت قصة جوزيف في تايلر ضد ويلكنسون بأن ملكية المياه في الجداول "المساواة الكاملة في الحق" من قبل ملاك الأراضي المتشاطئة، وذكر أن ملاك الأراضي المتشاطئة لديهم الحق في استخدام المياه من مجرى مائي، ولكن لا يمكن بيع هذا الحق بعيدا عن الأرض. أراد ويلكنسون حفر قناة للمياه لتوفير الطاقة لطاحونة جديدة على طول نهر بلاكستون، وكان تايلر يعيش منذ ١٧٠٠، وكان يخشى أن طاحونته ستعاني من نقص الماء اذا تم تحويل المزيد من المياه من المجرى. هذا الحكم [٣] صدر من المحكمة العليا في ولاية رود آيلاند – منطقة معروفة بنسبة مرتفعة من سقوط الأمطار. لمجرد أن السيد تايلر حول المياه أولاً، وأخذت المحكمة ذلك في عين الاعتبار بأن جميع ملاك الأراضي المتشاطئة لهم حقووق متساوية. ربما يكون قد ذهب الحكم لصالح تايلر لو تم التقاضي في منطقة أكثر جفافا من الولايات المتحدة، كما سنرى لاحقا.

فكر في الآتي Think about it

عرفت المبادئ للأراضي المتشاطئة في قانون جستنيان في القرن السادس للبقاء على قيد الحياة حتى يومنا هذا، ومن المهم أن نلاحظ أن هذه المبادئ تستخدم في المقام الأول في المناطق الرطبة من العالم، ولم تعمل بشكل جيد في المناطق الأكثر جفافا، كما سنرى لاحقا في هذا الفصل. مفاهيم مبادئ الأراضي المتشاطئة طُبقت بشكل جيد لحماية الملاحة، وتوفير المياه لإدارة المطاحن في أواخر ١٨٠٠ وأوائل ١٩٠٠. ما هي التأثيرات، إن وجدت، من مبادئ المناطق المتشاطئة على **جودة المياه، وأعداد الأسماك، أو مآوي الحياة البرية (انظر الشكل ١٢,٦)؟**

تطوير مبادئ قبل الامتلاك Development of the Doctrine of Prior Appropriation

الآن، دعونا ننظر في مجموعة أخرى من المشاكل في توزيع المياه. في المناطق القاحلة من العالم تقاسم المياه لا يعمـل به. فـكرة السماح لملاك الأراضي المـطلة عـلى الجداول المائية فقط بالحصول على الماء فشلت بسرعة،



شكل ١٢,٦. منطقة الأراضي المتشاطئة على نهردوار الشمس **Sunflower** في ولاية ميسيسيبي، الولايات المتحدة، حيث يمكن ضخ المياه لأغراض الري بتصريح من الولاية.

(Photograph by Karrie Pennington)

حيث إن الأراضي قليلة جداً . بدلا من ذلك، فقد طور مفهوم "حقوق المياه". يسمح هذا المفهوم للشخص، أو الشركة بتحويل المياه لاستخدامات الأراضي لمسافات كبيرة من النهر. المكونات الرئيسية الثلاثة للحصول على حق المياه - وفقا لمبدأ قبل التملك، أو الاستيلاء Doctrine of Prior Appropriation هي دليل على نية بتحويل المياه، وبناء هيكل التحويل، ووضع المياه إلى الاستخدام المفيد، بالإضافة إلى ذلك. من له الحق في الحصول على أفضل الأولوية في حق المياه هل الشخص الذي استوطن لأول مرة وطور حقوق المطالبة بالمياه، والذي يشار اليه أحيانا باسم "أول المالكين first possession" (أو "كبار الملاكsenior appropriator") أو الشخص الذي جاء لاحقا (ويسمى "المستولي التاليJunior appropriator ")؟

يعتقد في كثير من الأحيان بأن مبدأ قبل الاستيلاء لحقوق المياه قد طور في غرب الولايات المتحدة - في عهد البحث عن الذهب من ١٨٠٠. ومع ذلك، كانت مفاهيم المالك الاول ومبدأ قبل الاستيلاء ليست جديدة على عمال مناجم الذهب في ولاية كاليفورنيا، وكولورادو خلال منتصف ١٨٠٠. مبدأ قبل الاستيلاء، وتحويل المياه للري من الجداول المائية، لهما أساس من قانون المياه من الاستعمار الإسباني والقانون العام الإنجليزي. العديد من عمال المناجم المشاركين في حمى البحث عن الذهب في كاليفورنيا عام ١٨٤٨، وحمى البحث عن الذهب في ولاية كولورادو عام ١٨٥٩، أتوا من أجزاء أخرى من العالم، مثل إسبانيا والبرتغال والمكسيك وبريطانيا العظمى. في هذه البلدان استخدمت أساليب توزيع المياه مثل أنظمة الساقية acequias في إسبانيا والبرتغال والمكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة (نوقش في وقت سابق). أتى عمال المناجم الأخرى من بريطانيا العظمى —من

كورنيش ويلز كعمال مناجم القصدير وجلبوا معهم ثروة من المعرفة إلى مناجم الذهب في العالم الجديد بشأن النقل وتوزيع المياه.

تم اكتشاف الذهب في ولاية كاليفورنيا في عام ١٨٤٨. تخيل الفوضى والإثارة التي أحاطت الأنهار والجداول في تلك المنطقة. أراد عمال المناجم تحويل المياه بعيدا عن المجرى المائي للاستخدام في مطالبات التعدين، حتى يتمكنوا من الحصول على حق التنقيب، الوقت كان الأساس والجوهر، ولكن قوانين الأراضي المتشاطئة في أوروبا وشرق الولايات المتحدة لم تكن كافية للباحثين عن الذهب الذين يحاولون سحب المياه من الجداول المائية الصغيرة بالجبال.

تم بناء الخنادق لنقل المياه حول مستويات التلال، وليس في المنحدرات شديدة الانحدار. تم استخدام المياه في مربعات لإزالة الرواسب من الذهب الخام، أو التعدين الهيدروليكي لإزالة الكميات الهائلة، ومع ذلك، وجدت بعض المؤسسات القانونية ضمانا للمطالبة. كاليفورنيا كانت إقليماً يحكمها الحاكم العسكري للجيش الأمريكي، وبالإضافة إلى ذلك احتفظت المكسيك بملكية جميع الأراضي في المنطقة. الباحثون عن الذهب بحاجة إلى إنشاء "حق المياه" التي من شأنها أن تعطي لهم اليقين والاعتراف من قبل عمال المناجم الأخرى، وقد استخدم مفهوم "المالك الأول" لتخصيص المياه المحدودة من الجداول المائية، بعد عقد من الزمان من قبل العديد من عمال المناجم أنفسهم في جولدفيلدز كولورادو.

مبدأ قبل الاستيلاء، المعروف أيضا باسم مبدأ كولورادو لقانون المياه، يستخدم مفهوم "حيازة الأول" للذي يصل أولا له الحق أولاً. يسمح مبدأ قبل الاستيلاء بنقل المياه من الجداول المائية إلى الأراضي البعيدة، ويدار هذا المبدأ بشكل عام في ظل ظروف ندرة المياه، إما لأن تدفق النهر غير كافٍ لتلبية الاحتياجات المائية، أو هناك طلبات كثيرة جدا لحقوق المياه على النهر وإمداداته المائية المحدودة، غالبا ما يستشهد بشركة Coffin v. Left Hand Ditch [4] في قضايا المياه بالمحاكم لأن المحكمة العليا بكولورادو اعتمدت مبدأ قبل الاستيلاء ورفضت القانون العام الأقدم لحقوق الأراضي المتشاطئة. خدم مبدأ قبل الاستيلاء بفعالية حقوق المياه من الأرض، وسمح لبيع المياه منفصلا عن حقوق تملك الأرض وهو النقيض لمبدأ الأراضي المتشاطئة. كانت حقوق الملكية للمياه ضرورية لإعطاء اليقين والحوافز للناس لتمكينهم من الحفاظ والاستثمار في الموارد لتحقيق النمو الاقتصادي للمنطقة، ومع ذلك، نحن بحاجة إلى ملاحظة أن ذلك لم يكن كافياً لحماية المآوي النهرية، أو الاحتياجات البيئية للنظام النهري.

على الرغم من أن الولاية تحتفظ بملكية المياه وفقا لمبدأ قبل الاستيلاء، يمكن للأفراد والشركات والبلديات الحصول على الحق في استخدام المياه (وتسمى حقاً usufructary) للاستخدام المفيد. أول شخص يمكنه استخدام المياه (يسمى المالك الأول senior appropriator) ويكتسب حق استخدام المياه (تسمى أولوية) لاستخدام المياه في المستقبل قبل المستخدمين الآخرين الذين يطلق عليهم (المستولون الجدد junior appropriators). للحصول على حق استخدام الماء لا بد من التأكد أولاً مبدأ الاستيلاء من عبر تحويل المياه وتطبيقه على الاستخدام المفيد. يتم إجراء تحويل المياه عن طريق أخذ كمية من المياه عن مسارها الطبيعي، ويتم الاستخدام المفيد للمياه عن طريق الري، والتعدين، والصناعة، أو الاستخدام البلدي، أو نشاطات أخرى دون هدر. يوضح شكل ١٢,٧ الزراعة المروية في جنوب ولاية أيداهو حيث الري من الاستخدامات المفيدة للمياه.



شكل ١٢,٧. حقل يروى بطريقة السفون في جنوب ولاية أيداهو، الولايات المتحدة، حيث لا يمكن زراعتها أن توجد من دون الري.

(Photograph by Karrie Pennington)

فكر في الآتي Think about it

في السنوات الأخيرة، تم توسيع تعريف الاستخدام المفيد لتشمل أشياء مثل الثلوج لمنتجعات التزلج على الجليد، ومراقبة الغبار لأغراض بيئية، أو صحية، وحقوق تدفق مائي للأسماك والكائنات المائية الأخرى، وغيرها من التطبيقات لم يسمع به من عقود قليلة مضت. كيف يمكنك أن تقرر أي الاستخدامات المفيدة هي الأكثر أهمية؟

على عكس حقوق المياه بالأراضي المتشاطئة، يستخدم المستولي وفقا لمبدأ الاستيلاء بلا قيود جغرافية على استخدام حق المياه، ومع ذلك. فإن استخدام الماء يكون مقصوراً على حق الممارسات التاريخية، على سبيل المثال

لملاك الأراضي المطلة الحق في استخدام المياه للري، على الرغم من أن أراضيهم قد تكون مجاورة، **إلا أن لهم** حقوق المياه وحقوق الملكية، ولكن مع قواعد صارمة لاستخدام المعاملات والبيع.

من المهم أن نلاحظ أن كل ولاية يمكن أن تنشئ بنفسها قوانين للمياه السطحية والجوفية.هذا وقد تصطدم بالقوانين الفيدرالية واستخدامات المياه من قبل حكومات القبائل (الأمريكيين الاصليين).

يخول تدفق المياه مباشرة حق المستولي لتحويل تدفق المياه، وليس الحجم الكلي للمياه، على سبيل المثال، صاحب ٠,٠٦ من المتر مكعب في الثانية (٢,٠ قدم مكعب في الثانية) يعني من له الحق لتحويل هذا المعدل من المياه يمكن أن يسحبها من المياه الجوفية، أو الجداول المائية، وإنه يمكن أن يستمر في تحويل هذه الكمية من الماء، طالما هي "في الأولوية،" وهذا يعني أن المياه المستفاد منها موجودة في المجرى المائي ويمكن وضعها لأنه للاستعمال المفيد. على النقيض من ذلك. ويمكن أن يقاس حق تخزين المياه في البحيرة بالحجم، يمكن تخزين كمية معينة في البحيرة، مثل ٤٩ ألف متر مكعب (١٣ مليون جالون، أو ٤٠ قدما فدان). ويمكن تخزين هذه المياه في خزان للاستخدام في وقت لاحق. عادة حقوق التخزين تكون لمرة واحدة فقط في السنة عند ملء وعاء تخزين.

تطور مبدأ قبل الاستيلاء Evolution of the Doctrine of Prior Appropriation

تم تطوير مبدأ قبل الاستيلاء في ١٨٠٠م لتلبية احتياجات عمال المناجم، والمزارعين، والناس الذين يقومون بتطوير المدن في غرب الولايات المتحدة، لم تعطى أي أهمية فيما يتعلق بحماية الحياة البرية أو البيئة عندما تم إيجاد المبدأ لأول مرة. على مدى القرن الماضي انتقل الملايين من البشر إلى هذه المناطق الصحراوية التي تستخدم هذه الطريقة في توزيع المياه - ونتيجة لذلك زادت الضغوط البيئية أيضا بشكل كبير. التحدي الحالي لمبدأ قبل الاستيلاء هو حماية حقوق المياه التاريخية لكبار الملاك في الوقت الذي يجب توفير المياه لتلبية الاحتياجات الجديدة وزيادة الطلب.

الأنواع المهددة بالانقراضThreatened and endangered species

لقد ناقشنا حالات متعددة حيث تم تطوير قانون المياه لحماية حقوق الملكية وتشجيع التطور الاقتصادي، ومع ذلك فلم نذكر شيئا تقريبا فيما يتعلق بحماية البيئة .لأنها في الأساس لم تكن عاملا مهما من الناحية التاريخية. لحسن الحظ أن هذا الوضع تغير في الولايات المتحدة منذ نحو ٥٠ عاماً، واعتمد قانون السياسة البيئية الوطنية (NEPA) من قبل الكونغرس الأميركي في عام ١٩٦٩، وتمت الموافقة على قانون

الأنواع المهددة بالانقراض (ESA) في عام ١٩٧٣. تم ذلك بعد ما يقرب من ١٠٠ سنة بعد تطوير مبدأ قبل الاستيلاء Doctrine of Prior Appropriation في الولايات المتحدة. تم تأسيس حقوق ملكية المياه والإدارة في الولايات الغربية الأمريكية، وجعل من الصعب تحديد استخدامات جديدة للمياه مثل الحاجة لحماية النظام البيئي للأنهار والجداول المائية، القصد من قانون الأنواع المهددة بالانقراض (ESA) حماية أنواع النباتات والحيوانات المهددة والمعرضة للخطر. وعلى مآويهم، التطبيق الصارم لمبدأ قبل الاستيلاء لتوزيع المياه في بعض الأحيان في صراع مباشر مع الاحتياجات البيئية. شكل حل هذه الصراعات تحديا مستمرا، وسبب ضغوطا شديدة على جميع استخدامات المياه.

تدفقات الجداول المائية Instream flows

تعتمد الأسماك والحياة البرية على التدفقات المناسبة في الأنهار لمآويها ومع ذلك. فإن مبدأ قبل الاستيلاء لا يأخذ في الاعتبار عادة آثار تحويل المياه على البيئة للمنطقة. في بعض المناطق، يمكن للوكالات الحكومية شراء حقوق المياه من الراغبين في البيع، والسماح للمياه أن تبقى في المجرى، وقد أنشأت بعض الولايات مستوى أدنى من التدفقات لحماية التدفق الأساسي للمجرى المائي.

مبدأ ثقة الجمهور Public Trust Doctrine

المسألة الثانية المتطورة في الولايات التي تستخدم مبدأ قبل الاستيلاء هو مبدأ ثقة الجمهور، ويستند هذا المبدأ إلى قانون جستنيان والقانون العام الإنجليزي، فإنه ينص على إن هناك ثلاثة أشياء مشتركة بين جميع البشر – الهواء، المياه الجارية، والبحر، وهذه الحقوق تبقى على عاتق الولاية، كسيادة (العليا، والسلطة الدائمة)، وفي الثقة بمواطنيها. بموجب هذه المادة من القانون. يجب على الولاية أن تدير مواردها (الهواء، الماء الجاري، والبحر) للحفاظ على الحقوق العامة لجميع المواطنين، وهذا مفهوم مثير للجدل للغاية في حالة وضعه مباشرة مع مبدأ قبل الاستيلاء.

حماية جودة المياه Water Quality Protection

المسألة الثالثة التي تتعلق بمبدأ قبل الاستيلاء هو حماية جودة المياه. لا يأخذ قانون توزيع المياه في الحسبان حجم المياه اللازمة لتخفيف الملوثات في المسطح المائي. تعني قلة المياه في المجرى المائي أو الخزان أن أي مواد كيميائية، والرواسب، ومياه الصرف الصحي، أو المواد العضوية التي تصل إلى المسطح المائي ستكون أكثر تركيزا،

مما يزيد من مستويات الملوثات والتي تؤثر بشكل كبير في بعض الأحيان على الأسماك والحياة البرية، وغالبا ما تكون قوانين جودة وتوزيع المياه غير مدارة بانسجام تام، والحاجة إلى النظر لكليهما أصبح أكثر وضوحا نظرا لزيادة الطلب المتعدد على المياه.

قوانين توزيع المياه الجوفية Groundwater allocation laws

الحاجة إلى تنظيم ضخ المياه الجوفية هي ظاهرة حديثة في جميع أنحاء العالم، وينبغي للطلاب الذين يدرسون الموارد المائية إيلاء اهتمام وثيق لهذا الموضوع في السنوات المقبلة. تاريخياً، ضخ المياه الجوفية كان محدوداً بسبب التقنية. في العصور القديمة. يتم حفر البئر باليدين ، وأحيانا لعمق مئات من الأقدام (أو الامتار)، للوصول إلى إمدادات المياه للاستهلاك البشري أو سقي الحيواني، وكانت كميات المياه المسحوبة من الآبار صغيرة جدا لدرجة أنه لم تفرض قيود على الاستخدام غير الضروري، على سبيل المثال، في العصر الحديث، تستخدم طواحين الهواء لضخ المياه الجوفية إلى أحواض الماشية، أو ري المراعي . لم تستخدم عموما كميات كبيرة من المياه (انظر الشكل ١٢,٨).



شكل ١٢,٨. يمكن مشاهدة طواحين الهواء القديمة في المراعي في جميع أنحاء الغرب الأمريكي. هذه الطاحونة تغذي بركة المياه من المياه الجوفية لسقي الماشية.

(Google Image)

اليوم تزايدت الضغوط على إمدادات المياه السطحية في جميع أنحاء العالم مما تسبب في حالات كثيرة جداً باضطرار مستخدمي المياه للحصول على إمدادات المياه الجوفية أكثر وأكثر، وتحسنت التقنية بشكل كبير في السنوات الـ ٥٠ الماضية، وخاصة في مجال المضخات وطرق إضافة المياه لأغراض الري، فالري المحوري جهاز

ري ميكانيكي محوري يستخدم المياه في الزراعية المتطورة، مما أوجد طلبا كبيرا على المياه الجوفية في جميع أنحاء العالم (انظر الشكل ٩ , ١٢). شهدت المناطق الجافة مثل مصر، والمملكة العربية السعودية، وجنوب أفريقيا، والبرازيل، وأجزاء من الولايات المتحدة وكندا نموا هائلا في أعداد وتأثيرات الري المحوري.



شكل ١٢,٩. نظام الري المحوري يجعل هذا المشهد المميز الدائري من الجو.

(Photograph courtesy of Google Earth).

تشارك العديد من مناطق العالم في الدعاوى القضائية، والصراعات الاخرى، على استخدام المياه الجوفية – حتى في المناطق الأكثر رطوبة، نيوزيلندا، على سبيل المثال، تدرس تنفيذ اللوائح لحماية طبقات المياه الجوفية من الضخ المفرط، وحماية جودة المياه الجوفية. يتزايد الصراع في ولاية تينيسي وميسيسيبي على ضخ المياه الجوفية لمدينة ممفيس، حيث إنها واحدة من أكبر المدن في العالم التي تعتمد على المياه الجوفية، ويزعم أنها تستنزف طبقة ممفيس الرملية للمياه الجوفية في ولاية ميسيسيبي المجاورة، ورفعت دعوى قضائية من قبل ولاية ميسيسيبي في عام ٢٠٠٥ لوقف ممفيس من الاستفادة من موارد "المسيسيبي" من المياه الجوفية، التي تتطلب من مدينة ممفيس بدلا من ذلك معالجة واستخدام المياه السطحية من نهر المسيسيبي. في مناطق أخرى من العالم، المياه الجوفية التي تعتمد على النظم البيئية تؤثر بشكل سلبي من خلال عمليات سحب المياه الجوفية غير المنظم، يجري وعلى نحو متزايد تطوير الأنظمة لحماية هذه المناطق الحساسة بيئياً.

تختلف قوانين توزيع المياه الجوفية اختلافاً كبيراً بعضها من غير قيود على الضخ، وبعضها إلى حدود الضخ السنوي الذي يقاس بالأمتار على الآبار والتحقق منها من قبل الوكالات الحكومية المحلية أو الولاية، في الولايات المتحدة وكندا، تختلف قوانين المياه الجوفية من ولاية ومحافظة، حيث إن قوانين المياه ليست مسؤولية الحكومة الاتحادية. في المناطق الشرقية الرطبة من كندا والولايات المتحدة، لا يوجد قيود على ضخ المياه الجوفية على مر التاريخ، على الرغم من أن القانون يتغير بسرعة.

قاعدة الاستخدام المعقول Reasonable Use Rule

قاعدة الاستخدام المعقول تحد من انفراد أحد ملاك الأراضي للمياه الجوفية. إلا بالكمية المعقولة للاستخدام لري التربة. يسمح لمالك الأرض بضخ الكثير من المياه الجوفية كما يرغب، طالما لا يقوم بإضاعة شيء منها أو استخدامها خارج الموقع من الممتلكات الأخرى، وقد اعتمدت لدى إحدى وعشرون ولاية في الولايات المتحدة على النحو التالي: ولايات ألاباما، أريزونا، أركنساس، ولاية ديلاوير وفلوريدا وجورجيا وإلينوي وكنتاكي، ميريلاند، ميسوري، نبراسكا، نيو هامبشاير، نيويورك، نورث كارولينا ، أوكلاهوما، ولاية بنسلفانيا، وكارولينا الجنوبية، تينيسي، فرجينيا، فيرجينيا الغربية، وايومنغ.

مادة الحقوق المترابطة Correlative Rights Rule

تستند مادة الحقوق المترابطة إلى أن الجهة المسؤولة عن توزيع المياه الجوفية مرتبطة بالمحاكم في تلك الولاية، والقفز على ملاك الأراضي لا يزال يتطلب استفادة معقولة من المياه الجوفية، ولا يمكن هدر الماء، ولكن يمكن استخدامه في الأراضي المجاورة، ومع ذلك، لا بد من تصريح من المحكمة لحماية المصلحة العامة ومصالح أطراف من القطاع الخاص. ست ولايات استخدامت هذا الأسلوب، أو أبدت رغبتها في تطوير مادة الحقوق المترابطة، وهي: كاليفورنيا، وهاواي، وايوا، ومينيسوتا، ونيو جيرسي، وفيرمونت.

مادة الاستيلاء Rule of Capture

من يملك الأرض، يملك أيضاً السماء وإلى أعماق الأرض، (القانون الإنجليزي، ١٥٢ ،المادة رقم ١٢٣٥ (١٨٤٣). تم تطوير مفهوم مادة الاستيلاء (وتسمى أيضا مادة دومينيون المطلقة Absolute Dominion) من القوانين الإسبانية والإنجليزية، حيث تسمح لمالك الأرض حفر بئر وضخ المياه الجوفية بأي كمية، حتى لو كان

ذلك يتداخل مع آبار ملاك الأراضي المجاورة، وقد تم اعتمادها أو تعديلها واستخدامها من قبل ثماني ولايات: كونيتيكت، وإنديانا، ولويزيانا، ومين، وماساتشوستس، وميسيسيبي، وورود ايلاند، وتكساس.

إعادة صياغة مادة الأضرار Restatement of Torts Rule

تنص هذه المادة على أن ملاك الأراضي قد يستخدمون المياه الجوفية للاستخدامات المفيدة إذا كانت لا تسبب ضرراً للجيران عن طريق خفض منسوب المياه الجوفية أو خفض الضغط الارتوازي، ولا يمكن لمالك الأرض أن يتجاوز استخدام حصته المعقولة من الكمية الكلية للمياه الجوفية في الخزان، ولا يتداخل مع المجرى المائي أو البحيرة، وقد اعتمدت ثلاث ولايات أو تفضل هذه الطريقة، وهي ميشيغان، وأوهايو، وويسكونسن.

مادة قبل الاستيلاء Prior Appropriation Rule

تتبع هذه المادة الصارمة لتوزيع المياه الجوفية مفهوم مبدأ قبل الاستيلاء للمياه السطحية: "المستولي الأول، له الحق أولاً ". وتنص على أن يتم منح صاحب الأرض الأول التحويل والاستخدام المفيد للمياه السطحية وله أولوية الحق في الماء. بعض الولايات تستخدم نظام السماح لتوزيع المياه الجوفية تحت هذه المادة، في حين أدرجت كولورادو هذا الإجراء ليشمل المياه الجوفية الضحلة في طبقات المياه الجوفية الطمئية، وقد اعتمدت أو تفضل مادة قبل الاستيلاء اثنتا عشرة ولاية، هي: ألاسكا، كولورادو، أيداهو، كانساس، مونتانا، نيفادا، نيو مكسيكو، نورث داكوتا، أوريغون، ساوث داكوتا، يوتا، واشنطن.

تبنت عدة ولايات مجموعات من القواعد أو المواد المذكورة أعلاه، وقد اعتمدت أربع ولايات قوانين الاستخدام المعقول جنباً إلى جنب مع مبدأ قبل الاستيلاء الموصوف سابقا: أركنساس، ديلاوير، ميزوري، وايومنغ، تستخدم ولاية نبراسكا كل من قاعدة الاستخدام المعقول وقاعدة الحقوق المترابطة.

من المهم أن نلاحظ أن الوكالات المحلية لإدارة المياه الجوفية بعناوين مثل مناطق المياه الجوفية، ومناطق الصيانة، وتشارك مناطق الموارد الطبيعية بقوة في بمجموعة واسعة من القضايا المتعلقة بإدارة المياه الجوفية. في بعض الولايات تبذل جهود أخرى إضافة إلى توزيع المياه طواعية إلى حد كبير، ولكن في مناطق أخرى أعطت المجالس التشريعية للولايات الصلاحيات للوكالات المحلية لإدارة موارد المياه الجوفية لحماية جودة المياه والبيئة.

في مناطق أخرى من العالم، مثل المكسيك والمملكة العربية السعودية. تسيطر الحكومات الوطنية على توزيع المياه الجوفية، وعلى النقيض من ذلك، في أستراليا فالحكومات الاتحادية وحكومات الولايات تحاول إيجاد حل تعاوني للقضايا المتزايدة بين استغلال المياه الجوفية واحتياجات البيئة. القيود على ضخ المياه الجوفية، وشراء حقوق المياه الجوفية، وإغلاق الآبار دون تعويض سيصبح أكثر انتشارا في جميع أنحاء العالم بسبب المبالغة في استخدام إمدادات المياه الجوفية، والتلوث، أو متطلبات الاحتياجات البيئية.

الاتفاقات بين الولايات Interstate Compacts

هل تطرقت إلى الاتفاقات بين الولايات؟ المادة ١، القسم ١٠، من الدستور الأميركي يخول الولايات على الدخول في اتفاقات مع ولايات أخرى، بموافقة الكونغرس. خلال السنوات الأولى للجمهورية الأمريكية، كانت الاتفاقات بين الولايات محدودة بنزاعات الحدود، والملاحة، وقضايا الصيد، أول هذه الاتفاقيات اعتمدت في عام ١٧٨٣ بين ولايتي نيو جيرسي وبنسلفانيا بسبب قضية الملاحة في نهر ديلاوير.

كانت اتفاقية نهر كولورادو لعام ١٩٢٢ أول اتفاقية بين الولايات لتوزيع المياه السطحية داخل حوض النهر، ووقعت ولايات اريزونا، وكاليفورنيا، وكولورادو، ونيفادا، ونيو مكسيكو، ويوتا، وايومنغ الاتفاقية، التي تنص على توزيع تدفق نهر كولورادو بين هذه الولايات السبع. بعدها، في عام (١٩٦١) تم التوقيع على اتفاق حوض نهر ديلاوير الفريد من نوعه حيث إن الحكومة الاتحادية كانت عضواً مشاركاً، فضلاً عن الولايات الأربع المتأثرة مباشرة وهي نيويورك ونيوجيرسي وبنسلفانيا وديلاوير - لإجراء تخطيط على حوض النهر وتحسين جودة المياه.

تستخدم على نطاق واسع بين الولايات الاتفاقيات في غرب الولايات المتحدة لتوزيع الموارد المائية السطحية الشحيحة بين الولايات، وتحتوي العديد من الأنهار على متطلبات الاتفاق لتوصيل المياه لولايات المصب، وتعين كمية المياه السطحية التي يمكن تحويلها إلى ولايات المنبع. كل اتفاقية هي فريدة من نوعها، ولكن تم التصديق عليها جميعا من قبل الكونغرس الأميركي، ومع ذلك، معظم الاتفاقيات بين الولايات على الأنهار تتعلق فقط بكمية المياه، وليس إلى جودة المياه أو احتياجات النظم البيئية. ما هي المشاكل التي يمكن أن يحدثها ذلك على الأنهار مثل نهر كولورادو؟ يمكن معالجة جودة المياه والاحتياجات البيئية من خلال الاتفاقيات بين الولايات، ولكن حتى الآن يعدُّ ذلك الاستخدام محدودا. الاتفاقات بين الولايات هي أدوات مهمة لإدارة المياه وخاصة لجودة المياه وحماية البيئة.

فكر في الآتي Think about it

اتفاقية نهر كولورادو لعام ١٩٢٢ ليس بها أي أحكام لحماية البيئة، وهذا ليس بغريب، طراز سيارات حرف T في تلك الحقبة لم يكن بها أجهزة لمكافحة الضباب الدخاني أو أحزمة المقاعد، وتعمل بواسطة البنزين المحتوي على الرصاص —ولم تكن حماية البيئة في طليعة اهتمامات الناس في تلك الحقبة، كان التركيز ومحط الاهتمام على فرص العمل، والتنمية الاقتصادية، والاستيطان في الغرب الأميركي، إذا كنت تعيش في الولايات المتحدة، هل هناك اتفاقات بين الولايات في منطقتك؟ إذا كان الأمر كذلك، هل يتم استخدامه لإدارة كمية المياه، وجودة المياه، أو غيرها من الملامح؟

كانت نتائج اتفاقية نهر كولورادو ١٩٢٢ هائلة، فالأسعار زهيدة للطاقة المائية، وكذلك المياه لأغراض الري، وفرص توافر النمو البلدي والصناعي، والفرص الترفيهية الواسعة النطاق، وكانت الآثار على البيئة أيضا كبيرة كزيادة الملوحة في مياه النهر المصب، وغمر الأخاديد القديمة، تحويل واستهلاك الكثير من مياه نهر كولورادو على طول مساره أدى لوقف تدفقه إلى المكسيك. البعض سماها معجزة التقنية الحديثة، ولكن البعض الآخر سمى تطوير مياه نهر كولورادو بالكارثة البيئية.

صعَّب قانون الأنواع المهددة بالانقراض لعام ١٩٧٣ إلى حد كبير إدارة نهر كولورادو. ونوع من الأنواع المهددة بالانقراض على نهر كولورادو هو سمك pikeminnow (انظر الشكل ١٢,١٠). بدلاً من وجود توربينات لتوليد الكهرباء تحول إلى ري المحاصيل، والنهر الآن يستخدم النهر لاستعادة النظام البيئي بدرجة كبيرة، وتضررت البيئة في بعض المناطق، من يتحمل تكاليف إعادة توزيع إمدادات المياه، ومن سيعوض الطاقة المائية والصناعات الزراعية عن خسائرهم؟ هل تتحمل الحكومة الاتحادية عبء هذه الاستخدامات "الجديدة" على طول نهر كولورادو؟



شكل ١٢,١٠. الأنواع المهددة بالانقراض في نهر كولورادو ، سمك كولورادو **pikeminnow**

بالنظر في التأثيرات على المكسيك، قبل تنفيذ اتفاقية نهر كولورادو وبناء السدود على طول مجراه، كانت دلتا نهر كولورادو في شمال المكسيك مزدهرة بالغطاء النباتي والحياة البرية. على مدى ٨٠ عاما، ونتيجة لبناء ٢٩

سداً انتهت الدلتا في المكسيك، واقتصرت على الأراضي الرطبة في مصب دي سنجا سانتا كلارا. امدادات المياه المحدودة في هذه المنطقة تأتي من الصرف الزراعي بالحقول - أو من التسرب المحدود من المياه الجوفية، وكثيراً ما تكون محملة بالأسمدة والمبيدات الحشرية.

كانت اتفاقية نهر كولورادو إنجازاً هائلاً في عصرها، عصر مشاريع بناء السدود الكبيرة في الولايات المتحدة، مع ذلك، فإن كل ذلك مضى، وبرزت قضايا جديدة، وهناك حاجة إلى حلول جديدة.

قوانين توزيع المياه الجديدة New Water Allocation Laws

تقوم العديد من البلدان حالياً بتطوير أو تنقيح قوانينها بشأن توزيع المياه، في أستراليا، على سبيل المثال، نفذت الحكومة الوطنية مؤخراً خطة بـ ١٠ مليارات دولار إسترالي، من ١٠ نقاط لتحسين كفاءة استخدام المياه ومعالجة الإفراط في توزيع المياه في ريف أستراليا، ولا سيما في حوض نهر موراي دارلينج، والخطة مكونة من العناصر المحددة الآتية:

١. تحسين البنية التحتية للري في أستراليا بواسطة التبطين، أو الأنابيب لمعظم قنوات التوزيع الرئيسية للحد من فواقد المياه.
٢. تحسين على مستوى تقنية الري بالمزرعة وعدادات المياه.
٣. توفير حصة المياه على أساس ٥٠/ ٥٠ بين المزارعين والشعب الأسترالي لزيادة إمدادات مياه الري وزيادة تدفقات مياه الأنهار في البيئة.
٤. طرح موضوع الإفراط في توزيع مياه حوض موراي دارلينج.
٥. إنشاء مجموعة جديدة من الترتيبات الإدارية لحوض موراي دارلينج.
٦. وضع حد أعلى مستدام لاستخدام المياه السطحية والجوفية في حوض موراي دارلينج.
٧. إنشاء أعمال هندسية رئيسية للمياه في حوض موراي دارلينج.
٨. توسيع دور مكتب الأرصاد الجوية لتوفير بيانات المياه اللازمة لاتخاذ القرار الجيد من جانب الحكومات والصناعيين.
٩. إنشاء فريق عمل لاستكشاف مستقبل تنمية الأراضي والموارد المائية في شمال أستراليا.
١٠. استكمال استعادة الحوض الارتوازي العظيم.

في عام ٢٠٠٧، وصف رئيس الوزراء جون هوارد الخطة في هذه الكلمات [٥]:

تعتبر معالجة أمن المياه بأستراليا تحدياً هائلاً، إنه يتطلب خطة شاملة وجريئة، كما يتطلب التزاما بالموارد وقبل كل شيء يتطلب وجود ناس يفكرون كأستراليين قبل أي شيء آخر في الحدود أو الاعتبارات الضيقة، أنا أثني على هذه الخطة ليس فقط لكم ولزملائي الأستراليين، لكنني أثني على هذه الخطة لكل الناس في مختلف أنحاء البلاد الذين لديهم مسؤولية في الحكومة. هذه هي فرصتنا الكبيرة لإصلاح مشكلة وطنية كبيرة لا يمكن حلها إلا إذا تجاوزنا خلافاتنا الضيقة، قبل كل شيء. علينا جميعاً أن نفكر فيما ينبغي لنا عشية يوم أستراليا، والاستراليين بأغلبية ساحقة.

في جنوب أفريقيا، غير قانون المياه الوطني لعام ١٩٩٨ القواعد التنظيمية في البلاد، وقد ألغى النظام القديم حقوق المياه الخاصة، وقدم الحقوق العامة في النظام الجديد. الحكومة الوطنية لجنوب أفريقيا هي الوصي العام للموارد المائية في البلاد، وعليها واجب توفير المساواة في الحصول على المياه، وحماية البيئة، والسعي المبرر لخطط التنمية الاجتماعية والاقتصادية. أنشئت وكالات إدارة مجمعات المياه (أحواض الأنهار)، فضلا عن جمعيات مستخدمي المياه واللجان الاستشارية للمساعدة في هذا البرنامج الجديد المعقد لإدارة المياه [٦].

في عام ٢٠٠٢ اعتمدت جمهورية الصين نظام قانون جديد للمياه للتشديد على الحاجة إلى إدارة موحدة للموارد المائية [٧]. وأهم ابرز النقاط الاساسية تشمل كفاءة استهلاك المياه العالية، وأهمية تحقيق التوازن بالموارد المائية بين احتياجات النمو السكاني، والتنمية الاقتصادية، والقيم البيئية وحمايتها. يهدف القانون المعدل لبناء كفاءة مائية عالية ومجتمع خالٍ من التلوث، وإيجاد استخدام أكثر استدامة للموارد المائية، وتعزيز التنمية المستدامة الاجتماعية والاقتصادية للتنمية – الأهداف الملحوظة.

الجهود الدولية International Efforts

لقد ناقشنا أن الماء هو في كثير من الأحيان مركز الصراع بين الأفراد، والمجتمعات، والولايات، والبلدان، العواطف، والاقتصاد، والتاريخ وهي عوامل تتضافر جميعها لخلق أوضاع صعبة. دوليا، فقد بذلت جهود للحد من مستوى الصراع على الموارد المائية المشتركة في الأنهار التي تعبر الحدود الدولية. في عام ١٩٦٦ تم اعتماد قواعد هلسنكي عن استخدامات المياه في الأنهار الدولية [٨]. اعتمدت على نطاق واسع قواعد هلسنكي كأساس للمفاوضات الدولية لتنمية حوض النهر. تفترض القواعد بأن موارد المياه في النهر يجب اخذها بالاعتبار كملكية

عامة لجميع البلدان في حوض النهر، وبالإضافة إلى ذلك، يحق لكل بلد يقع فيه الحوض نسبة مناسبة من المياه، في حين لا تسبب أذى للبلدان التي تقع في أسفل الحوض. قواعد توزيع المياه تشمل معرفة الجغرافيا والهيدرولوجيا والمناخ في حوض كل بلد؛ ومستخدمي المياه السابقين والحاليين، والاحتياجات الاجتماعية لكل بلد، وتكاليف التنمية، والدرجة التي يمكن أن تلبي احتياجات البلد دون وقوع مشاكل في الدول الأخرى [٩].

في عام ٢٠٠٠، عقد المؤتمر الوزاري للأمن المائي في القرن الحادي والعشرين في لاهاي في هولندا [١٠]. كانت القضية الرئيسية لهذا الحدث ما يلي:

هناك أزمة مياه اليوم، ومع ذلك، فإن الأزمة ليست عن وجود الماء القليل جدا لتلبية احتياجاتنا.

إنها أزمة إدارة المياه بشكل سيئ بحيث المليارات من الناس والبيئة تعاني بشدة، ناقش المؤتمر ضرورة تقاسم موارد المياه لتعزيز التعاون السلمي بين الدول، وخاصة في المناطق التي تعبر فيها الأنهار الحدود الدولية، الاتفاقات بين الدول، والمعاهدات الدولية، هي الطرق التي يمكن أن توفر تعاوناً سلمياً بين الدول والمقاطعات، والأمم.

فكر في الآتي Think about it

أوجد ما هو نوع قانون توزيع المياه، أو القوانين المستخدمة للمياه السطحية والجوفية على حد سواء، في حوض التجميع بمنطقتك، هل هناك وكالة محلية للمياه تشرف وتدير استخدام المياه في منطقتك؟ ما هي الوكالة المسؤولة عن توفير المياه الصالحة للشرب في منطقتك، وما هي القيود على تحويل مجرى المياه؟ إن وجدت، من يسيطر على استخدام المياه الجوفية الموجودة في منطقتك؟ كيف يمكن حماية البيئة تحت قوانين المياه تلك؟

نقاط موجزة Summary Points

- يتعامل قانون تخصيص المياه مع الملكية، والسيطرة، واستخدام الموارد المائية لمجموعة واسعة من الأغراض.
- قد يكون من الصعب جداً توزيع وتنظيم المياه بسبب ميزاته الفريدة من نوعها، على سبيل المثال، يمكن نقله من مكان إلى آخر.
- تختلف الكميات المتاحة سنوياً، وموسمياً، وأحياناً بشكل استثنائي كما هو الحال في الفيضانات، أو الجفاف.

- يمكن استخدام المياه أكثر من مرة وبأكثر من طرف واحد.
- تم تنظيم الموارد المائية في بعض أجزاء العالم لعدة قرون وغير منظمة تماما في مناطق أخرى.
- من المثير للاهتمام، أن بعض قوانين المياه تشمل استخدام الماء لإزالة النفايات، وهذه هي شريعة حمورابي، في عهد البابليين.
- كانت تدفقات نهر النيل في مصر يمكن التنبؤ بها وتوفر مياه الري بكميات كافية، لم تكن هناك قوانين مكتوبة للمياه.
- كان يو الصيني العظيم، في حوالي ٢٢٨٠ سنة قبل الميلاد أول مدير للمياه الصينية حاول تسخير النهر الأصفر، وقد طور قانون المياه الصينية من هذا العمل.
- كان القانون الروماني منظم جدا، وقام الإمبراطور جستنيان الأول (٤٨٣-٥٦٥ م) بجمع جميع القوانين في مدونة قانون تسمى هيئة القانون المدني. لقد أثر إلى حد كبير القانون الروماني للمياه على قوانين الأمم الحديثة.
- راجعت بريطانيا العظمى قوانينها على مدى سنوات عديدة، وأكمل السير وليم بلاكستون التعليقات على القوانين الإنجلزية في عام ١٧٦٩. استمد القانون الأمريكي من هذه القوانين.
- أعلنت إسبانيا في عهد الفونسو الحكيم (١٢١٢-١٢٨٤ م) أن جميع المياه والأراضي والمعادن في عهدة النظام الملكي.
- جمع نابليون الأول (١٧٦٩-١٨٢١ م) القانون الفرنسي تحت مسمى مدونة نابليون. حيث عرفت القوانين حقوق الإنسان في المياه.
- يمر قانون توزيع المياه بتغيرات اساسية في بعض المناطق من العالم.
- مبدأ الأراضي المتشاطئة ومبدأ قبل الاستيلاء هما من الإشكالات الأكثر شيوعا في توزيع المياه المستخدمة في العصر الحديث.
- مبدأ الأراضي المتشاطئة تقر بأن مالكي الأراضي المتشاطئة على قدم المساواة في استخدام المياه، ويمكنهم استخدام المياه ولكن ليس بيع كأنها جزء من الأراضي.
- يسمح مبدأ قبل الاستيلاء للشخص برفع سقف مطالبته في المياه، الأشخاص الذين يرفعون سقف مطالبهم يحتفظون بالحق في الحصول على المياه على جميع أولئك الذين يأتون في وقت لاحق، وهذا ما يسمى المالك الأول، و"من أتى أولاً، له الحق في المياه أولاً".

- أنواع الأحياء المهددة بالانقراض محمية في الولايات المتحدة بموجب قانون الأنواع المهددة بالانقراض (ESA)، لعام ١٩٧٣.
- قانون المياه عموما لا يحمي البيئة، لأنه يحمي مستخدمي المياه، وقد تسبب قانون الأنواع المهددة بالانقراض بنزاعات عندما يتم تحويل المياه لحماية الأنواع المهددة بالانقراض.
- قانون المياه أيضاً لا يحمي جودة المياه، وهذا يمكن أن يسبب أيضاً نزاعات مع مستخدمي المياه والأشخاص الذين يحاولون حماية الموارد.
- تطورت قوانين المياه الجوفية في جميع أنحاء العالم، اليوم إدارة المياه الجوفية لديها تحدياتها الخاصة نظرا لميزات المياه الجوفية الفريدة التي تمت مناقشتها في الفصل عن المياه الجوفية.
- ينص نظام الاستخدام المعقول على أن مستخدم المياه الجوفية يمكن أن يضخ الكمية اللازمة من المياه الجوفية لري الأراضي وزراعتها.
- قاعدة الحقوق المترابطة تقول بأن حق استخدام المياه الجوفية بسيطرة محاكم الولاية.
- قاعدة أو مادة السيطرة تقول إنه يمكن حفر بئر واستخدامه بغض النظر عما يسببه من أضرار على المستخدمين المجاورين.
- تنص إعادة صياغة مادة الأضرار على أنه يمكن استخدام البئر طالما أنه لا يسبب ضرراً غير معقول لأحد الجيران.
- ينطبق مبدأ قبل الاستيلاء "الأول في الوقت المناسب، الأول في الحق" على المياه الجوفية.
- قد تدخل الولايات في اتفاقات بشأن توزيع المياه من النهر الذي يمر عبر العديد من الولايات، وتسمى هذه الاتفاقات بين الولايات.
- جهود أستراليا لتنقيح قانون المياه لتوفير المياه لعديد من المستخدمين جديرة بالثناء. إنهم يحاولون حماية كل من الموارد والمستخدمين.
- مررت جنوب أفريقيا الحق العام للمياه في قانون المياه الوطني لعام ١٩٩٨.
- قانون جمهورية الصين للمياه لعام ٢٠٠٢ يأمل منه توحيد إدارة الموارد المائية.
- قانون المياه الدولي يندرج في إطار قواعد هلسنكي في الأغراض من مياه الأنهار الدولية، ١٩٦٦. هذه القواعد تشكل أساسا للتفاوض بين الدول ذات المياه المشتركة.

أسئلة للتحليل Questions for Analysis

١. من يسيطر على المياه في منطقتك؟

أ. تختلف الإجابة ولكن استخدام مصطلحات توزيع المياه.

٢. لماذا كان من الضروري للحكام القدماء إدارة الموارد المائية بحكمة في مناطقها؟

أ. يقدم الري وغيره من وسائل إدارة المياه الغذاء، والأمن، وتسمح للمجتمعات بالتطور بعيدا عن الصيد وجمع الثمار. في كثير من الأحيان، استندت قوة الحاكم إلى القدرة على إدارة الموارد المائية بشكل صحيح (ص ٤٤٨-٤٥١).

٣. ما هي بعض الجوانب الأساسية لمبدأ الأراضي المتشاطئة؟

أ. يسمح لمالك الأرض المتشاطئة للاستفادة من المياه من النهر أو الجدول للأغراض البلدية، والزراعة، وأغراض الطحن طالما كان عند الحد الأدنى، أي باستخدام المعقول، وليس لها تأثير يذكر على المجرى، المياه المستخدمة من قبل مالك الأرض المتشاطئة يتم إرجاعها إلى الجدول المائي دون تغيير نسبيا (ص٤٥٤-٤٥٥).

٤. ما هي بعض الجوانب الأساسية لمبدأ قبل الاستيلاء؟

أ. "الأول في الوقت المناسب، الأول في الحق". على الرغم من أن الولاية تحتفظ بملكية المياه وفقا لمبدأ قبل الاستيلاء، يمكن للأفراد، والشركات، والبلديات الحصول على الحق في استخدام المياه (وتسمى حق usufructary) للاستخدام المفيد، أول شخص يصل للمنطقة لاستخدام المياه (يسمى المستولي الأول) يكتسب حق المياه (تسمى أولوية) لاستخدامها في المستقبل قبل المستخدمين الآخرين (ويسمون المستولتَ الجدد). للحصول على حق الماء ، لا بد من التأكد أولاً من خلال تحويل اعتماد المياه وتطبيقه على الاستخدام المفيد يتم إجراء التحويل عن طريق حرف كمية من المياه عن مسارها الطبيعي، يتم الاستخدام المفيد عن طريق التعدين والري والصناعة والاستخدام البلدي، أو نشاط آخر غير الإسراف (ص٤٥٥-٤٥٨).

٥. ما هي الطريقة المستخدمة لتوزيع المياه في منطقتك، وهل هذه الطريقة الأكثر كفاءة لحماية القيم البيئية المحلية؟ هل هو الأسلوب الأكثر فعالية في تعزيز التنمية الاقتصادية الإقليمية؟

أ. الطالب يعطي الجواب المناسب حسب منطقته.

ب. ستختلف الإجابات، ولكن ينبغي أن تظهر فهماً لمفهوم القيم البيئية المحلية التي يجري تناولها والاقتراحات لتلبية هذه الأهداف.

ج. ستختلف الإجابات، ولكن ينبغي إظهار المعرفة بالتنمية الاقتصادية.

٦. هل المياه الجوفية منظمة في منطقتك؟ كيف؟

أ. الطالب يعطي الجواب المناسب حسب منطقته.

٧. هل من المفروض أن يحمي القانون إحتياجات أنواع الأحياء المهددة بالانقراض على التنمية الاقتصادية أو المصالح البشرية الأخرى؟ اشرح المنطق الخاص بك.

أ. ستختلف الإجابات، ولكن ينبغي أن تظهر المنطق المدروس.

لمزيد من القراءة

Reisberg, Marc, 1993, Cadillac Desert, New York: Penguin Books.Matthews, Olen Paul, 1984, Water Resources: Geography and Law, Washington, D.C.: Association of American Geographers.

Postel, Sandra, 1999, Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?, New York: W.W. Norton.

Worster, Donald, 1985, Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West, New York: Pantheon Books.

Reference

[1] Sandra Postel, 1999, Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last? New York: W. W. Norton QUESTIONS FOR ANALYSIS 395

[2] Olen Paul Matthews, 1984, Water Resources: Geography and Law, Washington, D.C.: Association of American Geographers, p 25

[3] Tyler v. Wilkinson, 24 F. Cas. 472.474 (CCDRI 1827)

[4] Coffin v. Left Hand Ditch Co., 6 Colo. 443 (1882)

[5] John Howard, "A National Plan for water security," Address to the National Press Club, Parliament House, Canberra, January 25, 2007

[6] National Water Act (Act 36 of 1998), South Africa, http://www.info.gov. za/gazette/acts/1998/

[7] Water Law of the People's Republic of China (Order of the President No. 74), October 1, 2002

[8] Helsinki Rules: see Report of the Committee on the Uses of the Waters of International Rivers, 1967, London: International Law Association

[9] Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Water resources assessment," http://www.fao.org/docrep/V7890E/V7890E0b. htm, February 2007

[10] World Water Vision Commission, 2000, "A water secure world: vision for water, life, and the environment," Paris: World Water Commission, http://www.worldwatercouncil.org/

الفصل الثالث عشر

أدوار وكالات إدارة المياه الاتحادية والإقليمية والولاية والمحلية

Roles of Federal, Regional, State, and Local Water Management Agencies

من كل الزاويا الممكنة- الاقتصادية، والاجتماعية، والثقافية، والصحة العامة، أو الدفاع الوطني، الحفاظ على الموارد الطبيعية هو الهدف الذي ينبغي لنا جميعا أن نتفق عليه، هيو هاموند بينيت Hugh Hammond Bennett. اب الحفاظ على التربة (١٨٨١ - ١٩٦٠)[١]

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- المقدمة
- وكالات المياه الاتحادية بالولايات المتحدة
- قضايا مختارة لوكالة المياه الاتحادية الأمريكية
- قضايا مختارة لوكالات المياه الإقليمية والولايــة. والمحلية
- خصخصة أنظمة المياه
- قضايا مختارة لوكالة المياه حول العالم

المقدمة
Introduction

سيركز هذا الفصل على الولايات المتحدة. البلدان الأخرى لها مسميات مختلفة لمستويات مختلفة من الحكومة التي لها علاقة بالمياه، ولكن مثل الولايات المتحدة يجري فيها. الانتقال من الهيئة المركزية إلى مستخدمين المياه المحليين، كما يمكنك فإن تتخيل، فإن الحكومات المحلية، والحكومات الولائية والإقليمية، والاتحادية تشترك مع بعضها بعضاً في إدارة الموارد المائية في أي بلد. اعتُبِر مورد: المياه أمراً حيوياً لكثير من جوانب بيئتنا، والنمو الاقتصادي، والثقافة، والحياة نفسها. التدخل الحكومي هو أمر حاسم لحماية مستخدمي المياه والبيئة، ومع ذلك، فالوكالات الحكومية لديها أهداف مختلفة، الوكالة الاتحادية المسؤولة عن حماية الحياة البرية قد تكون

في صراع مباشر مع وكالة محلية، أو وكالة الولاية التي تبني مشاريع المياه، ومن العوامل الأخرى التي تتدخل في عمل الوكالات الحكومية الشخصيات، وقيود الميزانية، وجداول الأعمال السياسية كلها واقع لا بد من الإشارة اليه.

فكر في الآتي Think about it

عند قراءتك لهذا الفصل، فكّر جليا في مجموعة واسعة من الأهداف المتنافسة والقيم التي تحتفظ بها المنظمات المختلفة التي تشترك كلها في تنظيم المياه. استخدمْ هذه الأمثلة لمناقشة إيجابيات وسلبيات من وجهات النظر المختلفة للوكالات. قد تحتاج لبحث الوضع الحالي لهذه القضايا لرسم خريطة التقدم لتلك الوكالات، لماذا التوافق في الآراء صعب الوصول للغاية في كثير من حالات إدارة المياه؟

وكالات المياه الاتحادية الأمريكية US Federal Water Agencies

تؤدي العديد من الوكالات الاتحادية دورا في حماية وإدارة موارد المياه والبيئة في الولايات المتحدة في بعض الأحيان تتأرجح المنافسة والتعاون بين الوكالات صعوداً وهبوطاً، في بعض الأحيان نظرا لقيود الميزانية وأحيانا أخرى بسبب الأدوار المتعارضة للوكالات، أو قيم، أو قضية مشروع معين. خلال السنوات الماضية. تم تنفيذ تدابير مختلفة مثل مجلس الرئيس لجودة البيئة ((CEQ لتنسيق جهود الوكالات الفيدرالية. سيناقش هذا الفصل الخلفيات وواجبات مختلف الوكالات الاتحادية، والإقليمية، والمحلية، بالولاية، والوكالات غير الربحية، وسنظر في العديد من الدراسات المنفردة والخاصة، والنظر في كيفية التخفيف عن المشكلة وفي بعض الحالات التأثرات السلبية، من خلال الإجراءات التي اتخذتها مختلف الوكالات.

الوكالة الأميركية لحماية البيئة US Environmental Protection Agency

تم إنشاء وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) من قبل الكونغرس ووقعه كقانون الرئيس ريتشارد نيكسون في عام ١٩٧٠ لحماية صحة الإنسان في البلاد والبيئة، بما في ذلك الموارد المائية. يعمل ما يقرب من ١٨ ألف شخص في مكتب المقر الرئيسي في واشنطن دي سي، وهناك أيضاً عشرة مكاتب إقليمية و أكثر من اثني عشر مختبراً. إداري الوكالة USEPA هو رئيس الوكالة، ويتم تعيينه من قبل رئيس الولايات المتحدة. تقوم الوكالة بتطوير وتنفيذ الأنظمة، وتقدم المساعدات المالية، وتجري البحوث البيئية، وترعى البرامج الطوعية والشراكات، وتوفر فرص التعليم البيئي، وتنشر المعلومات.

وضعت وكالة USEPA. بمساعدة من الولاية والقبائل وغيرها من الشركاءالأهداف الآتية للموارد المائية لعام ٢٠٠٨م:

(١) زيادة معدل الامتثال لمعايير مياه الشرب من ٩٣٪ إلى ٩٥٪.

(٢) الحد من تلوث المياه بحيث يمكن تخفيف حدود استهلاك الأسماك بنسبة ٣٪ من مشاكل و زيادة نسبة الموافقة على مناطق الصيد المحار من ٧٧٪ إلى ٨٥٪.

(٣) استعادة المياه الملوثة للسماح للسباحة فيها لا يقل عن ٥ ٪ من المياه في البلاد للمياه غير المسموح السباحة بها.

(٤) استعادة المياه الملوثة، ٢٢٦٢ من أحواض تجميع المياه الرئيسية في جميع أنحاء أمريكا، أي ما لا يقل عن ٨٠٪ من المياه المقيمة تفي بمعايير جودة المياه بالولاية.

(٥) عرض التحسن المطرد في سبعة مؤشرات صحية معينة من النُظم البيئية الساحلية الأربعة الكبرى في جميع أنحاء البلاد.

(٦) تحقيق زيادة صافية قدرها ٩٨٨ ألف هكتار (٤ ملايين أيكر) من الأراضي الرطبة.

(٧) تحسين صحة مصبات الأنهار على طول منطقة حدود المكسيك، وخليج المكسيك، والبحيرات الكبرى، وخليج تشيسابيك.

اعتمد قانون السياسة البيئية الوطنية (NEPA) من قبل الكونغرس الأميركي في عام ١٩٦٩. ويتطلب ذلك من جميع الوكالات الاتحادية دمج القيم البيئية في عمليات صنع القرار الخاصة بهم، وتم إنجاز هذا من خلال النظر في الآثار البيئية للإجراءات الاتحادية المقترحة، وتطوير بدائل معقولة لتلك الإجراءات. يتعين على جميع الوكالات الاتحادية إعداد بيان الأثر البيئي (EIS) لتلبية هذا المطلب. وكالة USEPA هي الوكالة الرائدة للاستعراض والتعليق على EISs التي أعدتها وكالات اتحادية أخرى للامتثال لقانون السياسة البيئية الوطنية.

في عام ١٩٧٢ تم سن التعديلات على قانون السيطرة على تلوث المياه الاتحادي من قبل الكونغرس، وعدل مرة اخرى في عام ١٩٧٧، ويعرف هذا القانون باسم قانون المياه النظيفة لعام ١٩٧٢ (CWA). وهو يؤسس لمعايير تنظيم تصريف الملوثات في مياه الولايات المتحدة، كما أنه يعطي السلطة لوكالة USEPA لوضع معايير التلوث، وتنفيذ برامج مكافحة التلوث للصناعات. جعل قانون المياه النظيفة أنه غير قانوني لأحد أن يصرف الملوثات من نقطة المصدر الملوث إلى المياه الصالحة للملاحة إلا إذا تم الحصول على تصريح، وبالإضافة إلى ذلك تم تمويل محطات معالجة مياه الصرف الصحي، ونفذت برامج للملوثات متعددة المصدر. يعتبر هذا القانون أهم قانون لحماية جودة المياه في تاريخ الولايات المتحدة، وقد مكن تطبيقه الأنهار الأمريكية، والجداول، والبحيرات التي تلوثت بصورة بالغة، للعودة إلى الحياة. يوفر القانون قواعد جيدة، ولكن يتطلب أيضاً التمويل

والدعم للبرامج لجعلها تعمل. قانون المياه النظيفة هو قانون له قوة تنفيذ، وعمل بشكل جيد للغاية للسيطرة على التلوث من مصدر معلوم، ونجاحه مع مصادر التلوث غير المحددة قد يكون أكثر صعوبة، وسوف نناقش هذا مع المزيد من التفاصيل لاحقا.

وكالة خدمات الأسماك والحياة البرية الأمريكية US Fish and Wildlife Service

مهمة وكالة الأسماك والحياة البرية الأمريكية (USFWS) هو "العمل مع الآخرين، للفحظ والحماية والتعزيز للأسماك، والحياة البرية، والنباتات ومآويها لصالح استمرار الشعب الأمريكي." تقع الوكالة داخل وزارة الداخلية، تم إعتمادها من قبل الكونغرس ووافق عليها الرئيس فرانكلين روزفلت Franklin D. Roosevelt في عام ١٩٣٩ من خلال الجمع بين مكتب الثروة السمكية ومكتب المسح الحيوي. يعمل بوكالة USFWS حوالي ٧٥٠٠ شخص في مراكز في جميع أنحاء البلاد وفي مقرها في واشنطن، دي سي. وهذا يشمل سبعة مكاتب إقليمية وما يقرب من ٧٠٠ وحدة ميدانية مثل الملجأ الوطني للحياة البرية، المفرخات السمكية الوطنية ومكاتب المساعدة الادارية، وإنفاذ القانون، والمحطات الميدانية للخدمات البيئية.

بعض برامج وكالة USFWS للمحافظة هي من بين الأقدم في العالم، فأصلها في اللجنة الأمريكية للأسماك والمصايد (تم إنشاؤها في عام ١٨٧١) في وزارة التجارة الأمريكية، وشعبة علم الطيور الاقتصادي وعلم الثدييات (التي تشكلت في ١٨٨٥) في وزارة الزراعة الأميركية، وسميت لاحقاً مكتب المسح الحيوي. صدر قانون لاسي Lacey Act من قبل الكونغرس عام ١٩٠٠ لحظر الشحن بين الولايات للحيوانات البرية التي اتخذت بشكل غير قانوني. أنشأ الرئيس ثيودور روزفلت Theodore Roosevelt أول محمية للطيور في جزيرة البجع الاتحادية، فلوريدا، في عام ١٩٠٣ ووضعها تحت مسئولية مكتب المسح الحيوي. أعيد تسمية محميات الطيور لاحقا باسم ملاجئ الحياة البرية الوطنية في عام ١٩٤٢. صدر قانون معاهدة الطيور المهاجرة بين الولايات المتحدة وبريطانيا العظمى (لكندا) في عام ١٩١٨ لتنظيم صيد الطيور المهاجرة. بعض من الطيور الأمريكية المعروفة بشكل كبير هي النسور والتي حميت من الصيد؛ والشكل ١٣,١ يظهر النسر الذهبي. أنشأت وكالة USFWS برامج دراسة لأحواض الأنهار للمساعدة في الحد من التأثيرات على الأسماك والحياة البرية من مشاريع المياه الاتحادية في عام ١٩٤٦.



شكل ١٣,١. يحمى هذا النسر الذهبي الجميل من الصيد في الولايات المتحدة من قبل وكالة الأسماك والأحياء البرية الأمريكية.

(Photograph courtesy of USFW)

ولعل الأكثر إثارة للجدل من القوانين البيئية هو قانون الأنواع المهددة بالانقراض (ESA). وقد صدر من قبل الكونغرس في عام ١٩٧٣ لحماية الأنواع المهددة والمعرضة للخطر - على حد سواء محليا ودوليا، الجدل ينبع من حماية الحياة الحيوانية، في بعض الحالات فوق رغبات واحتياجات الإنسان.

فمن السهل نسبيا إقناع الناس بعدم بيع طائر كبير مهيب، ولكن مع الضفادع المرقطة من الصعب إقناع الرأي العام بذلك (الشكل ١٣,٢). كانت الضفادع الكولومبية المرقطة (*Rana luteiventris*) في الحوض الكبير من ولاية نيفادا مرشحة لحماية ESA منذ عام ١٩٩٣. وافق المزارعون على بناء مآوي للضفادع لإنقاذها (الشكل ١٣,٣). ومعركة أخرى، هذا المرة مع سمك السلمون، الذي أثار جدلا في عدة دول غربية، "الماء من أجل سمك السلمون" أصبح صيحة الناس في أجزاء من الغرب الأميركي وحيث ينافس سمك السلمون المزارعين، والمطورين، والصناعيين على الماء، وفرت وكالة (ESA) صوتاً للأسماك، الذي أغضب وأحبط العديد من مستخدمي المياه. تولت وكالة الأسماك والحياة البرية الأمريكية USFWS ووكالة خدمات الصيد البحري الوطني NOAA مسؤولية إدارة ESA لسمك السلمون.



شكل ١٣,٢. الضفدعة الكولومبية المنقطة المهددة في المأوى الجديد في ولاية نيفادا، الولايات المتحدة.

(Photograph courtesy of USFWS)



شكل ١٣,٣. يمكن رؤية المآوي من البرك التي تم إنشاؤها حديثا في هذا الوادي في مزرعة وارنر، نيفادا، الولايات المتحدة.

(Photograph courtesy of USFWS)

فرقة مهندسي الجيش الأمريكي US Army Corps of Engineers

تم إنشاء فيلق أو فرقة مهندسي الجيش الأمريكي فيلق (USACE) من قبل الكونغرس ووافق عليها الرئيس توماس جيفرسون Thomas Jefferson في عام ١٨٠٢. وتعتبر أقدم وكالة للموارد المائية في أمريكا. توجد الوكالة ضمن وزارة الدفاع، وتتكون من حوالي ٣٤ ألف موظف مدني و ٦٥٠ عسكرياً، مهمتهم هي توفير الجودة والخدمات الهندسية استجابة للأمة، وتشمل خدماتهم ما يلي:

- تخطيط وتصميم وبناء وتشغيل مشاريع الموارد المائية وغيرها من مشاريع الأشغال المدنية (الملاحة، والسيطرة على الفيضانات وحماية البيئة والاستجابة للكوارث، وما إلى ذلك).
- تصميم وإدارة بناء المنشآت العسكرية للجيش والقوات الجوية (البناء العسكري).
- توفير التصميم والدعم الإداري للبناء لوزارة الدفاع والوكالات الاتحادية الاخرى (التعاون بين الوكالات والخدمات الدولية).

يقع مكتب رئيس المهندسين وقائد فيلق مهندسي الجيش الأمريكي USACE في البنتاغون في واشنطن، دي سي، وعمله بمثابة طوبوغرافي للجيش ورئيس لأكبر وكالة عامة للهندسة في العالم ، والتصميم، ووكالة إدارة البناء. يقع أيضا المقر الرئيسي في واشنطن، دي سي، مع ثمانية أقسام و ٤١ منطقة منتشرة في الولايات المتحدة (على أساس مناطق أحواض التجميع). وفي آسيا، وأوروبا تم إنشاء مكتب الدائرة المؤقت في عام ٢٠٠٤ للإشراف على العمليات في أفغانستان والعراق.

تشارك وكالة فيلق مهندسي الجيش الأمريكي أيضا في توصيل مياه الشرب عن طريق بناء نظام إمدادات المياه في مدينة واشنطن. دي سي. في ١٨٥٠، ولا تزال تعمل بهذا النظام إلى اليوم. تسمح الوكالة للعديد من المدن والصناعات في جميع أنحاء البلاد باستخدام المياه المخزنة في خزانات السيطرة على الفيضانات. حالياً يحصل ١٠ ملايين شخص على المياه من مشاريع مراقبة الفيضانات التابعة لـ USACE في ١١٥ مدينة. وبالإضافة إلى ذلك تحصل بعض المناطق الجافة على إمدادات المياه للري الزراعي (الشكل ١٣,٤).

تدير وكالة USACE معهد الموارد المائية (IWR) لتطوير برامج تطلعية والبحث في برنامج الحكومة للأعمال المدنية. أنشئ المعهد في عام ١٩٦٩، ولها مكاتب في الإسكندرية، وفيرجينيا، وديفيس، وكاليفورنيا، ونيو أورليانز، ولويزيانا.

شاركت وكالة فيلق مهندسي الجيش الأمريكي في تنظيم الأنشطة في الممرات المائية الصالحة للملاحة من خلال منح تصاريح مرور منذ قانون الأنهار والمرافئ لعام ١٨٩٩. في البداية كان يقصد من هذا البرنامج منع عوائق الملاحة على الرغم من وجود قانون آخر في وقت مبكر من القرن العشرين قدم من هيئة تنظيمية عن إلقاء القمامة ومياه الصرف الصحي في الأنهار. وَسَّعَ إقرار قانون المياه النظيفة في عام ١٩٧٢ إلى حد كبير هذا الدور من خلال منح السلطة إلى الفيلق للتجريف، والردم في "مياه الولايات المتحدة." بما في ذلك العديد من الأراضي الرطبة. عند تحديد ما إذا كان ينبغي إصدار تصريح للتجريف، أو الردم، يطلب من وكالة فيلق مهندسي الجيش الأمريكي، من خلال القانون الاتحادي النظر في التنمية الاقتصادية وحماية البيئية. ما يقرب من ١١٠٠ شخص يقومون بهذه المهمة للوكالة.

المكتب الأمريكي للاستصلاح US Bureau of Reclamation

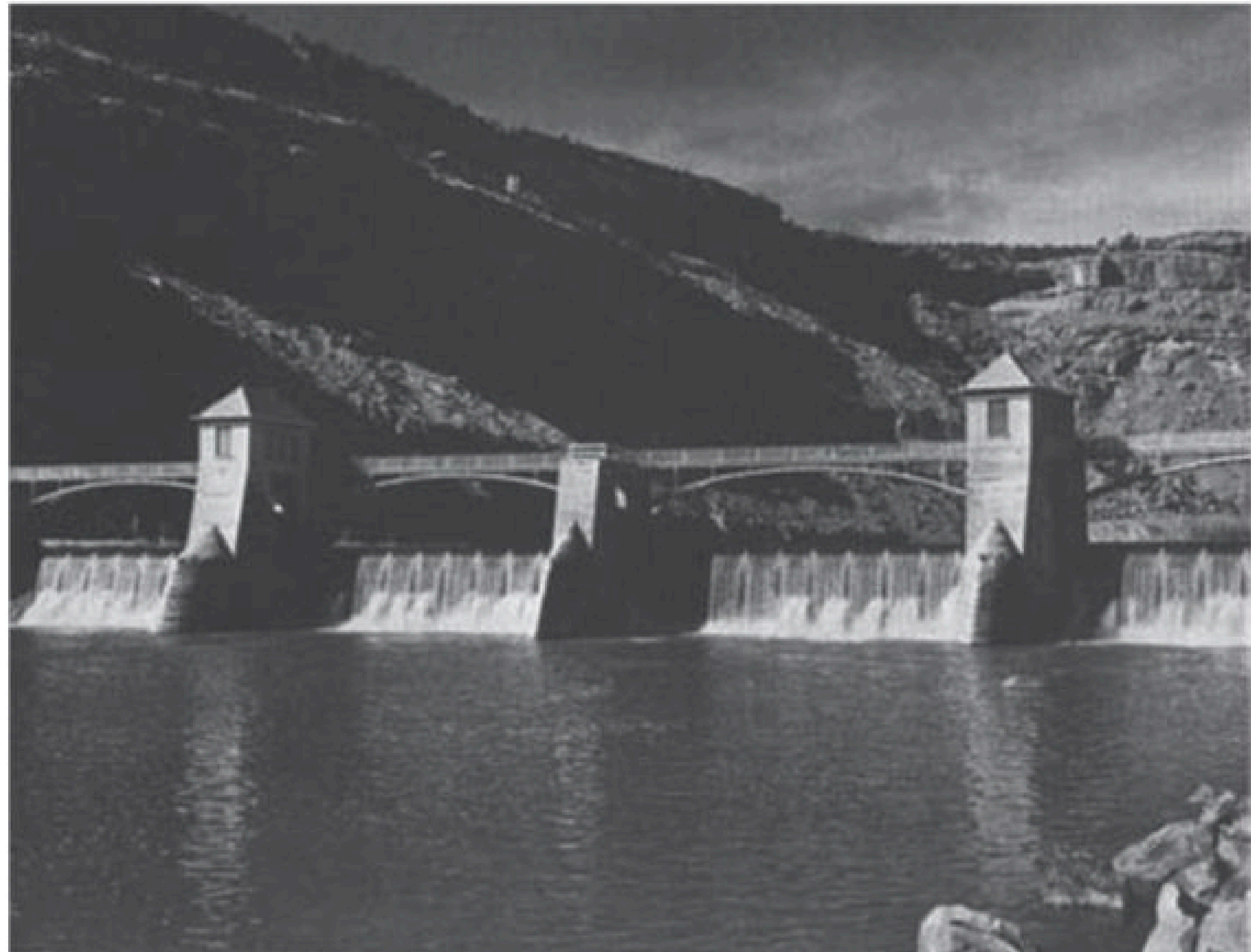
مكتب الولايات المتحدة للاستصلاح (USBR، أو BuRec) له جذوره في قانون الاستصلاح لعام ١٩٠٢. التي وافق عليها الكونغرس ووقعه الرئيس ثيودور روزفلت، الذي أنشأ دائرة الاستصلاح، وكان الغرض من القانون تشجيع الاستيطان في الأراضي الأكثر جفافاً من ١٧ ولاية غربية من خلال بناء مشاريع الري. اليوم، هناك ٣٤٨ خزاناً تم بناؤها بسعة تخزين ما مجموعه ٣٠٢ مليار متر مكعب (٧٩,٨ ترليونات جالون. ٢٤٥ مليون أيكر- قدم). يتم ري حوالي ٤ مليون هكتار (١٠ ملايين أيكر) من الأراضي، وقد تم تركيب ٥٨ محطة طاقة مائية، تزرع ما يقارب من ٦٠ ٪ من خضراوات البلاد تحت نظام الري USBR (الشكل ١٣,٥). قد يكون التطوير الاقتصادي للولايات الغربية أبطأ بكثير دون مشاريع المياه هذه.

قام مكتب الولايات المتحدة للاستصلاح USBR ببناء سدود جديدة، أو أنظمة خزانات لعدة عقود، بدلاً من ذلك. ركزت الوكالة على تحسين ادارة المياه، وجودة المياه، والمحافظة على المياه. تشمل بعض المشاريع المعروفة سد هوفرHoover في ولاية نيفادا، وسد غراند كولي Grand Coulee في واشنطن، وسد شاستا Shasta في ولاية كاليفورنيا، ومشروع كولورادو بيج طومسون في ولاية كولورادو.



شكل ١٣,٤. هذا هو منظر جوي لبحيرة نافارو ميلز Navarro Mills والسد على مجرى ريتشلاند في مقاطعة نافارو، تكساس، الولايات المتحدة. شيد فيلق مهندسي الجيش الأمريكي هذا السد في عام ١٩٦٣ للسيطرة على الفيضانات وإمدادات المياه لمقاطعة نافارو.

(Photograph courtesy of US Army Corps of Engineers Digital Visual Library)



شكل ١٣,٥. كان التحويل الكبير لمجرى السد أحد مشاريع الاستصلاح الأولى على نهر كولورادو. بدأ ري منطقة مفرق الكبرى من قناة هايلاين في عام ١٩١٥.

(Photograph courtesy of US Bureau of Reclamation)

فكر في الآتي Think about it

مشاريع المياه والسدود الكبيرة وضعت تحت قد كبير من الانتقادات لأسباب عديدة، بعضها تمت مناقشته في هذا الكتاب، هل يمكنك أن تتخيل الرغبة في فتح الغرب وجذب المستوطنين إلى حياة طيبة؟ هل هناك طريقة أفضل لتوفير فرص العمل والمنازل؟ هل هو من أعمال الحكومة لتوفير فرص العمل؟ إذا كان الأمر كذلك، ما هي أفضل الطرق لعمل ذلك في تطوير المنطقة مع ندرة المياه؟

المسح الجيولوجي الأمريكية US Geological Survey

مهمة هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) هي توفير "معلومات علمية موثوقة لوصف وفهم الأرض. وتقليل الخسائر في الأرواح والممتلكات من الكوارث الطبيعية، وإدارة المياه، والحيوية، والطاقة، والموارد المعدنية، وتعزيز وحماية جودة الحياة". تمت الموافقة على USGS في عام ١٨٧٩ من قبل الكونغرس، وأكد ذلك الرئيس روثرفورد هايز Rutherford Hayes. لتصنيف الأراضي العامة التي عقدت من قبل الحكومة الاتحادية، بعد مرور عشر سنوات، بدأت وكالة قياس تدفق الجداول المائية، واليوم لدى الهيئة بيانات مجمعة عن الموارد المائية الجارية والجهود المبذولة في ٥٠ ولايةعملها، يمكن الاطلاع على العديد من المواقع على جمع البيانات على الإنترنت، فبعضها حقيقي (ثم جمعها كما هي) [٢]. والبعض الآخر حسب قواعد البيانات لسنوات من القياسات المتراكمة. تقع USGS في وزارة الداخلية وموظفوها عددهم ١٠ آلاف، ولها أكثر من ٤٠٠ موقع في جميع أنحاء البلاد، المقر الرئيس لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في ريستون، فرجينيا، وتقع مكاتبها للمناطق الوسطى والغربية في دنفر، وكولورادو، ومينلو بارك، وكاليفورنيا على التوالي.

تشارك هيئة USGS بنشاط في مراقبة مستوى المياه في الجداول المائية، ولديها أكثر من ٧٠٠٠ محطة للقياس (الشكل ٦ ,١٣). يتم استخدام هذه المعلومات للتنبؤ بالفيضانات وتوقعات إمدادات المياه، ورصد الجفاف، وتحديد الأحمال الملوثة، وتوفير المعلومات للمعاهدات الدولية، وإدارة مآوي الأحياء المائية، وإدارة الحقوق المائية والأبحاث الهيدرولوجية الأساسية. تجري هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية مراقبة مكثفة للمياه الجوفية، وتقديم المساعدة الفنية لإصلاح (تنظيف) من المياه الجوفية الملوثة، ولا تزال الوكالة في مهمتها الاساسية من رسم الخرائط مع إنتاج الخرائط الطوبوغرافية التي تظهر ميزات الأراضي والمياه والارتفاعات، وغيرها من المعلومات القيمة في استخدام الأراضي. كان مساحو هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية يذهبون إلى أماكن نائية لرسم الخرائط وقلة من الناس قد شاهدتهم. اليوم تشمل الاستكشافات التصوير الجوي والبيانات الفضائية.



شكل ١٣,٦. المنتزه الوطني لبحيرة كريتر، ولاية أوريغون، الولايات المتحدة. يتم قراءة عداد محطة المياه من خلال ديلر S.J. Diller حوالي عام ١٩٠١. وتقوم وكالة USGS بمراقبة المياه في الجداول والأنهار لسنوات عديدة.

(Photograph courtesy of USGS)

دائرة المحافظة على الموارد الطبيعية Natural Resources Conservation Service

منذ عام ١٩٣٥ ودائرة المحافظة على الموارد الطبيعية (NRCS) التي كانت تسمى أساساً دائرة المحافظة على التربة تقدم لمساعدة ملاك الأراضي الخاصة الأمريكين ومديري الحفاظ على التربة، والمياه، والموارد الطبيعية الأخرى هيو هاموند بينيت Hugh Hammond Bennett. هو "أب المحافظة على التربة." قيل إن جزءاً منه يحب الظهور، والجزء الآخر يعتبر عالما، إنه لا يمانع في استخدام الدراماتيكية لتوضيح وجهة نظره، شجعت كلمات بينيت الكثير للعمل على حفظ التربة في جميع أنحاء البلاد، سواء في الحقول النموذجية، والتجمعات العلمية، أو في الكونغرس. عندما انتقلت عاصفة الغبار من السهول العظمى انتقل إلى واشنطن دي سي. في ربيع عام ١٩٣٥ خلال ذروة عواصف الغبار، كان بينيت يلقي بشهادته أمام لجنة في الكونغرس على مشروع القانون الذي من شأنه أن يوجد دائرة المحافظة على التربة، وكان يعلم بأن العاصفة قادمة واستخدمها بشكل كبير للتدليل على ضرورة الحفاظ على التربة.

جميع برامج (NRCS) طوعية، والأمر الذي يجعل من قرار استخدام ممارسات الحفظ قراراً شخصياً. ما يلي [٣] هي قائمة مسؤوليات دائرة NRCS اليوم:

• برنامج المساعدة التقنية للمحافظة (CTA) يوفر المساعدة التقنية للمحافظة الطوعية لمستخدمي الأراضي، والمجتمعات، ووحدات الولاية والحكومة المحلية، وغيرها من الوكالات الاتحادية في تخطيط وتنفيذ نظم الحفظ.

• دائرة NRCS تدير برامج الحفاظ على الموارد الطبيعية التي توفر منافع بيئية واجتماعية ومالية وتقنية.

• الأنشطة العلمية والتقنية تقدم الخبرة التقنية في مجالات مثل تربية الحيوانات والمياه النظيفة، والعلوم البيئية، والهندسة، واقتصاديات الموارد، والعلوم الاجتماعية.

• تنشر دائرة NRCS الخبرة في علوم التربة والقيادة لمسوحات التربة وحصر للموارد الوطنية، التي تقيم ظروف الموارد الطبيعية والاتجاهات السائدة في الولايات المتحدة.

• تقدم دائرة NRCS المساعدة التقنية للحكومات الأجنبية، وتشارك التبادل العلمي والتقني الدولي.

دائرة NRCS لديها ستة أهداف: الجودة العالية، والتربة المنتجة، والمياه النظيفة الوفيرة، والمجتمعات الصحية النباتية والحيوانية، والهواء النقي، وإمدادات الطاقة الكافية، والمزارع العاملة ومزارع تربية الحيوانات (الشكل ١٣,٧). لتحقيق هذه الأهداف، لدى دائرة NRCS برامج مفيدة تهدف على وجه التحديد لمعالجة هذه القضايا، مع الأولوية العالية في قضايا جودة المياه والكمية. برنامج حافز جودة البيئة وبرنامج احتياطي الأراضي الرطبة يوفران الدعم المالي والتقني للعديد من ممارسات الإدارة التي ناقشناها في هذا النص.



شكل ١٣,٧. التعرية الأخدودية التقليدية الناتجة عن جريان المياه السطحية يمكن أن تكون مدمرة للغاية. تساعد وكالة المحافظة على الموارد الطبيعية NRCS ملاك الأراضي في منع التعرية قبل أن تدمر الأراضي الزراعية.

(Photograph courtesy of NRCS)

دائرة NRCS هي جزء من وزارة الزراعة الأمريكية مع مكاتبها الرئيسية في واشنطن.دي سي. المكاتب الحكومية في جميع الولايات الـ ٥٠، وتقع المكاتب المحلية في المقاطعات على أساس تقييم مكتب الولاية إذا كانت هناك حاجة إليها.

مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها Centers for Disease Control and Prevention

مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها (CDC) هي جزء من وزارة الصحة والخدمات الإنسانية، وتأسست في عام ١٩٤٦ للمساعدة في السيطرة على انتشار الملاريا، وكانت تسمى الوكالة سابقا بمركز الأمراض المعدية، ومهمتها الأولية تركز في المقام الأول على قتل البعوض (الشكل ١٣,٨). ومنذ ذلك الحين تطورت وكالة CDC إلى وكالة صحة مميزة في العالم مع جهود الصحة العامة لمنع ومكافحة انتشار الأمراض المعدية والمزمنة بما في ذلك المخاطر الصحية البيئية والإرهاب البيولوجي. مهمة CDC هي "تعزيز الصحة ونوعية الحياة من خلال منع ومكافحة المرض والإصابة والعجز". يقع مقرها الرئيسي في أتلانتا، جورجيا.



شكل ١٣,٨. مكافحة هذا القاتل بعوضة *Anopheles mosquito*، العمل المحدد لنشر الملاريا، كانت أول عمل لمركز السيطرة على الأمراض.

(Photograph courtesy of CDC)

يجري مركز السيطرة على الأمراض بحوثاً وتحقيقات لتحسين حياة الناس اليومية، كما أنه يستجيب لحالات الطوارئ الصحية، مثل وباء الأنفلونزا، وهي تعمل مع الدول والشركاء الآخرين لتوفير نظام المراقبة الصحية لرصد ومنع تفشي المرض عن طريق تنفيذ إستراتيجيات الوقاية من الأمراض، كما يقيم الإحصاءات الصحية الوطنية. يقوم مركز CDC بالوقاية من انتقال الأمراض الدولية، مع أفراد تتمركز في أكثر من ٢٥ دولة أجنبية. الأمراض التي تنقلها المياه من المهمة الرئيسية لمركزCDC، ويعمل المركز على قضايا المياه الصالحة للشرب ولكن يهتم أيضا ببرك السباحة، والبحيرات، والجداول المائية، والمياه الطبيعية الأخرى بخاصة في المناطق الترفيهية.

قضايا المياه المختارة للوكالة الاتحادية الأمريكية Selected US Federal Agency Water Issues

يعرض فيما يلي موجز لدراسات حالة وتقديم أمثلة عن قضايا الموارد المائية التي تضم مختلف وكالات المياه الأميركية الاتحادية. تركز الأمثلة على أنشطة وكالة المياه الاتحادية. كما تشمل وكالات موارد المياه المحلية، والولاية،

والإقليمية، هذا التنوع في الوكالات الحكومية ومهماتها المتنافسة في بعض الأحيان - تضيف إلى تعقيد وبطء التقدم في كثير من الأحيان أن تستتبعه عند محاولة للتخفيف من قضايا الموارد المائية.

كمية المياه Water quantity

نظرة عامة Overview

انظر برنامج محطة MSNBC: "شيء لا يصدق تقلص نهر كولورادو". ٢٢ فبراير ٢٠٠٧.



شكل ١٣,٩. يبقى نهر كولورادو جميلاً على الرغم من الطلبات الحالية على إمداداته المائية المحدودة.

(Photograph courtesy of Wikipedia Commans)

تم تقسيم نهر كولورادو حسب الاتفاقية بين الولايات في عام ١٩٢٢، ويواجه مطالب شديدة على إمدادات المياه. تراجع إمدادات المياه بسبب الجفاف وارتفاع درجات الحرارة، والنمو الحضري العالي جداً. يعتمد نحو ٢٥ مليون شخص في الولايات الغربية السبع (أريزونا وكاليفورنيا وكولورادو ونيو مكسيكو ونيفادا ويوتا، وايومنغ) على نهر كولورادو للمياه والطاقة، كما يدعم النهر نظام الأراضي المتشاطئة المتنوعة التي عانت بانخفاض تدفقات المياه (الشكل ٩ ,١٣).

الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية Primary federal agencies involved

مكتب الولايات المتحدة للاستصلاح (الوكالة الرائدة، وإمدادات المياه، والامتثال للقانون السياسة البيئية الوطنيةNEPA)، دائرة الأسماك والأحياء البرية الأمريكية (الأسماك وحماية الحياة البرية)، الوكالة الأميركية لحماية البيئة (جودة المياه)، ودائرة المنتزهات الوطنية الأمريكية (القضايا البيئية).

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

الحدود الدولية وهيئة المياه، والولايات المتحدة والمكسيك (IBWC)؛ ولايات (أريزونا، وكاليفورنيا، وكولورادو، ونيفادا، ونيو مكسيكو، ويوتا، وايومنغ) الحكومات الإقليمية والمحلية وجماعات الحفاظ على البيئة الخاصة.

قضايا Issues

تنص اتفاقية عام ١٩٢٢ لنهر كولورادو على تقسيم المياه من نهر كولورادو بين الولايات الغربية السبع ٩,٣ مليار متر مكعب (٢,٤ ترليون جالون أو ٧,٥ مليون أيكر-قدم) لأريزونا، كاليفورنيا، ونيفادا، والتدفقات المتبقية إلى الولايات الأربع في أعلى الحوض. للأسف، مناطق الحوض العليا، كانت فترة القياس المستخدمة في اتفاقية عام ١٩٢٢ لتوزيع تدفقات النهر خلال فترة رطبة جدا لحوض نهر كولورادو، وبالتالي فإن كمية التدفق ٧,٥ مليون أيكر-قدم المخصصة للولايات الثلاث السفلى من الحوض مرتفعة جدا حاليا، التدفقات في نهر كولورادو لا تلبي الاحتياجات طويلة الأجل لجميع المستخدمين المحتملين.

وزير الداخلية وهو المسؤول عن إدارة مياه المجرى الرئيسى السفلي لنهر كولورادو وفقا لاتفاقية ١٩٢٢ والقانون الفيدرالي، مكتب الاستصلاح الأمريكي هو المسؤول للعمل نيابة عن الوزير، وهي الوكالة الرائدة الاتحادية لضمان الامتثال للقانون السياسة البيئية الوطنية (NEPA). مكتب الاستصلاح BuRec بموجب القانون الاتحادي مطلوب منه للتشاور مع وكالة الأسماك والأحياء البرية بشأن الآثار المحتملة على الأسماك والحياة البرية، ووكالة الحماية البيئية الأمريكية بشأن قضايا جودة المياه والملوحة بشكل خاص، في عام ١٩٩٧، أعلن وزير الداخلية الأميركية بروس بابيت Bruce Babbit قواعد للسماح لنقل مياه نهر كولورادو بين الولايات من المستخدمين الزراعيين للمستخدمين الحضريين – ويعتبر أول مرة يسمح بذلك بموجب القانون الاتحادي.

أصبحت جودة المياه، والملوحة خاصة، قضية خطيرة جدا في الجزء السفلي لمجرى النهر ولا سيما في المكسيك، واعتمد قانون مراقبة الملوحة لعام ١٩٧٤ والطلب من الولايات المتحدة على بناء تجهيزات للسيطرة على مستويات الملوحة في نهر كولورادو على الحدود المكسيكية. هذا البرنامج يجب أن يلبي أيضا معايير قانون المياه النظيفة لعام ١٩٧٢، ومعاهدة المياه المكسيكية عام ١٩٤٤. على الرغم من أن مكتب الولايات المتحدة للاستصلاح ستصلاح هي الوكالة الرائدة الاتحادية، إلا أن وكالة حماية البيئة USEPA ووزارة الزراعة في الولايات المتحدة تشاركان في هذه الأنشطة المتعلقة بجودة المياه.

جودة المياه Water quality

نظرة عامة Overview

انظر في معهد الموارد العالمية (WRI) "تقريراً جديداً يتناول أزمة WRI نقص الأكسجة في خليج المكسيك." ٢٠٠٣. http://www.wri.org/ إنَّ عنصري النيتروجين والفوسفور في مياه نهر ميسيسيبي، الذي يصب في خليج المكسيك تسببا في قتل الحياة البحرية قبالة ساحل لويزيانا، حيث تزدهر العوالق النباتية، وتستهلك الأكسجين الذائب من مياه الخليج وتأخذها عن الأحياء الأخرى، وقد لوحظ وجود "منطقة ميتة" من الحياة المائية منذ أواخر ١٩٨٠. تتزايد مساحة هذه المنطقة وتصل إلى أكبر من مساحة ولاية نيو جيرسي (الشكل ١٠,١٣). خلط المياه أثناء موسم الأعاصير يلغي المنطقة الميتة، لذلك يختلف مداه موسميا.





شكل ١٣,١٠. نهر المسيسبي ينقل الرواسب والمواد المغذية إلى خليج المكسيك.

(NASA image by Robert Simmon. based on Landsat data provided by the UMD Global Land Cover Facility)

الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية Primary federal agencies involved

الوكالة الأميركية لحماية البيئة. وزارة الزراعة الأمريكية، فيلق مهندسي الجيش الأمريكي. دائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية، والوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي.

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

مختلف الولايات العلوية لمجرى النهر.

قضايا Issues

أجبرت زيادة كميات النيتروجين والفوسفور "المنطقة الميتة dead zone" في شمال وسط خليج المكسيك، وكالات الحكومة الاتحادية والولاية العمل على تحسين السيطرة على تعرية التربة وإضافة الأسمدة للحد من الجريان السطحي في نهر المسيسيبي. وفي نهاية المطاف، إلى الخليج، الهدف من ذلك هو تقليل مساحة منطقة نقص الأكسجين hypoxia zone . تفتقر المنطقة إلى ما يكفي من الأوكسجين لاستمرار الحياة المائية، إضافة النيتروجين والفوسفور، وأنماط دوران المياه بالمناطق الساحلية، والتصريف من نهر المسيسيبي ومستويات الملوحة كلها عوامل تساهم في التفاوت الموسمي لهذه المشكلة، بالإضافة إلى ممارسات إضافة الأسمدة، وزيادة ترع النهر، وفقدان الأراضي الرطبة، وفقدان منطقة السهول الفيضية، وإزالة الغطاء النباتي على طول نهر المسيسيبي أسهمت أيضا لزيادة إضافة المواد الغذائية إلى الخليج، آليات السوق، مثل تجارة المواد الغذائية بين المنتجين الزراعيين والصناعة ، قد يوفر أكبر قدر من الحوافز لتحسين البيئة، ومع ذلك، فإن الحاجة إلى الترشيد تبدأ من صاحب الأرض، على سبيل المثال ١,٦ مليون هكتار (أربعة ملايين أيكر) من دلتا المسيسيبي تصب في نهر المسيسيبي. و٧٥٪ تقريباً من تلك الأرض تعود إلى ملكية القطاع الخاص، وتستخدم للإنتاج الزراعي، ولهذا السبب فأن وكالات مثل دائرة المحافظة على الموارد الطبيعية بوزارة الزراعة تعمل مع ملاك الأراضي الفردية لوضع أفضل ممارسات الإدارة للترشيد (BMPs) موضع التنفيذ، هذا صحيح بالنسبة لجميع الولايات التي تصب في نهر المسيسيبي.

السيطرة على الفيضانات Flood control

نظرة عامة Overview

انظر إلى صحيفة لوس أنجلوس تايمز. المقال بعنوان " الطبيعة وسط الأسمنت". فبراير ١١. ٢٠٠٧.

نهر لوس أنجلوس محاصر بالخرسانة عبر المدينة التي تحمل اسمه وفي أزمة (الشكل ١١ ,١٣). خلال القرن العشرين طورت الطرق السريعة لتكون مأوى متشاطئ لنظام النهر في لوس أنجلوس، وأوجدت الترع للسيطرة على الفيضانات. بالإضافة إلى التنمية الحضرية ، للأسف كانت السيطرة على الفيضانات في أسفل مجرى النهر غير كافية، وهناك حاجة إلى إدخال تحسينات. تفاقم الأزمة القنوات الخرســـانية في المناطق الحضرية من النهر.



شكل ١٣,١١. نهر لوس أنجلوس الذي يمر عبر المدينة مع منطقة حضرية متشاطئة

(Photograph by Ed Fitzgerald at: http://en.wikipedia.org/wiki/File:274851934_bfe9d6728c_b.jpg.)

الوكالات الاتحادية الاساسية المعنية Primary federal agencies involved

فيلق مهندسي الجيش الأمريكي.

الوكالات ألاخرى المشاركة Other Agency Involvement

مدينة ومقاطعة لوس أنجلوس، وأصدقاء نهر لوس أنجلوس، وجمعية Unpave LA.

قضايا Issues

يعتبر نهر لوس أنجلوس مهد أكبر مدينة في ولاية كاليفورنيا. للأسف تم تلبيس النهر بالأسمنت لاحتواء مياه الفيضانات الهائلة التي تولدها أحواض تجميع المياه. الخطط الجديدة من قبل فيلق مهندسي الجيش الأمريكي هي لتوسيع طول وارتفاع قنوات الصرف الأسمنتية ولتوفير السلامة الإضافية من الفيضانات. هذه الجهود قوبلت بالرفض ممن يود أن يرى وظيفة القناة مرة أخرى كالنهر، واستكمال الميزات المتشاطئة للحياة البرية، ويمكن تحقيق ذلك مع مشاريع استعادة ضفاف النهر واستعادة النظام البيئي الطبيعي للنهر. المخاوف بشأن الوقاية من الفيضانات هي حقيقة واقعة، وإدماج ميزات الأراضي المتشاطئة تحديات راهنة، والحديث مستمر.

الأمن المائي Water security

نظرة عامة Overview

انظر إلى التقرير الإخباري في محطة ABC الإخبارية بعنوان ". قراصنة يخترقون أجهزة كمبيوتر شبكة المياه." أكتوبر ٣٠/ ٢٠٠٦.

إخترق أحد القراصنة الأجانب الكمبيوتر ونظام الأمن لمحطة تصفية المياه بالقرب من هاريسبرج بولاية بنسلفانيا. في عام ٢٠٠٦ أطلق مكتب التحقيقات الفدرالي (FBI) على الفور تحقيقاً حيث تعتبر رابع حادثة إلكترونية مسجلة على نظام امدادات المياه الأمريكية منذ ٩/ ١١.

الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية Primary federal agencies involved

الوكالة الأميركية لحماية البيئة، ومكتب الولايات المتحدة للاستصلاح، وفيلق مهندسي الجيش الأمريكي، ووزارة الأمن الداخلي، ومراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها، ومكتب التحقيقات الفيدرالي.

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

الولاية والحكومات المحلية.

قضايا Issues

أصبح أمن مرافق الشرب ومعالجة مياه الصرف الصحي أولوية عالية للوكالات على المستوى المحلي والولاية والاتحاد منذ هجمات ١١/ ٩. وقد وفر الكونغرس الأمريكي مئات الملايين من الدولارات لتحسين سلامة أنظمة المياه في جميع أنحاء البلاد، واعتمد تشريعات تتطلب تقييم مدى ضعف أمن السدود والبحيرات، ونظم توزيع المياه بالإضافة إلى مرافق معالجة المياه.

أصبح لزاماً تقييم مدى الضعف بالمرافق لحماية إمدادات المياه من هجمات إرهابية محتملة طورت واختبرت خطط الاستجابة لحالات الطوارئ وغيرها من الحوادث، وقد تم اعتماد تدابير أمنية جديدة من قبل حكومات الولايات والحكومات المحلية بما في ذلك الوكالات الصحية، الاستجابة للطوارئ، والمهنية البيئية، ووكالات إنفاذ القانون في مدينة ميلووكي ويسكنسن، وعلى سبيل المثال قامت بتسيج محطات معالجة المياه، وتحسين الإضاءة والأمن، وتركيب كاميرات المراقبة حول المحطات، وبالإضافة إلى ذلك تتبع مسؤولو الصحة المحليون الأمراض في مجتمعاتهم، للكشف عن تفشي وباء من الأمراض التي ينقلها الماء في وقت مبكر، وذلك كجزء من التأهب للإرهاب البيولوجي.

الأنواع المهددة بالانقراض Threatened and endangered species

نظرة عامة Overview

انظر إلى صحيفة هيرولد، ميسسيبي في مقال بعنوان "عودة طيور رافعات صياح الديك" في ٢٣ يناير ٢٠٠٧.

طيور رافعات صياح الديك البرية الوحيدة في العالم (*Grus Americana*) تستمر في عودتها، وبلغ عددها الآن ٢٣٧ طيراً (الشكل١٢ , ١٣).



شكل ١٢، ١٣. طائر الكركي

(***Grus americana***). **(Photograph courtesy of USFWS)**

تتواجد هذه الطيور المهددة بالانقراض بفصل الشتاء في ولاية تكساس بمنطقة "بيند" الساحلية على طول خليج المكسيك، أما موقع التعشيش في فصل الربيع فيقع في الغابة الشمالية من منتزه بوفالو الوطني Wood Buffalo National Park – وهو أكبر منتزه وطني في كندا (أنشئ في ١٩٢٢) – في ألبرتا الشمالية وأراضي الحدود الشمالية الغربية.

الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية Primary federal agencies involved

دائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية، ومتنزهات كندا، وبيئة كندا.

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

الحكومات المحلية، والولاية، والمقاطعات.

قضايا Issues

صدر قانون الأنواع المهددة بالانقراض (ESA) من قبل الكونغرس الأميركي في ١٩٧٣ للحفاظ واستعادة الأنواع المعرضة لخطر الانقراض، ساعد قانون الأنواع المهددة بالانقراض (ESA) بنجاح بإعادة الأنواع المهددة بالانقراض إلى وضع الاسترداد، والسبب الرئيس في ذلك هو خطط الاسترداد، وحماية المآوي الحرجة، والقائمة الاتحادية

أعتمد قانون الأنواع المعرضة للخطر (SARA) في البرلمان الكندي في يونيو ٢٠٠٣ كجزء من إستراتيجية الحكومة الكندية لحماية أنواع الحياة البرية المعرضة للخطر [٤].

للأنواع المهددة بالانقراض، ومع ذلك، النقاد يقولون بأن استرداد ١٥ نوعاً فقط في ٣٢ عاما يشير إلى الفشل، بغض النظر، فقانون الأنواع المهددة بالانقراض (ESA) واحد من القوانين البيئية الأقوى في البلاد.

استعادة النظام البيئي Ecosystem restoration

نظرة عامة Overview

انظر إلى ما جاء عن البيت الابيض، "آخر خطوة إلى الأمام لاستعادة ايفرجليدز 9 "Everglades يناير ٢٠٠٢.

في عام ١٩٤٨ أذن لفيلق مهندسي الجيش الأمريكي من قبل الكونغرس لوضع نظام دقيق لإدارة المياه والصرف الصحي في إيفرجليدز (الشكل ١٣, ١٣) في وسط ولاية فلوريدا لحماية المنطقة من الفيضانات وغيرها من المشاكل المتعلقة بالمياه، وكان المشروع فعالاً جداً، ولكن أثرت سلبا على النظام البيئي في المنطقة.





شكل ١٣,١٣. الخط الأصفر في الصورة يحدد الحدود الشمالية لمنطقة إيفرجليدز البيئية، فلوريدا.

(Photograph courtesy of NASA)

الوكالات الأتحادية الاساسية المعنية Primary federal agencies involved

فيلق مهنسي الجيش الأمريكي، ودائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية، ودائرة المنتزه الوطني الأمريكي، ووكالة حماية البيئة الأمريكية.

الوكالات ألاخرى المشاركة Other agency involvement

ولاية فلوريدا، ومنطقة جنوب غرب ولاية فلوريدا لإدارة المياه، ومجالس القبائل.

قضايا Issues

في منتصف القرن ١٨٠٠ أصدر الكونغرس الأميركي العديد من "قوانين المستنقعات" لاستنزاف الأراضي الرطبة ومناطق المستنقعات الأخرى لتحسين صحة الإنسان وتعزيز التنمية الاقتصادية. في بداية ١٩٠٠ منعت المياه العالية من الأعاصير المدمرة، والأمطار الموسمية الاستيطان في كثير من المناطق الداخلية من ولاية فلوريدا، وفي منتصف ١٩٠٠ تم تركيب شبكات الصرف الصحي بكثافة من قبل فيلق مهندسي الجيش الأمريكي لتحسين التنمية المحتملة، ومع ذلك دمر النظام البيئي لإيفرجليدز بولاية فلوريدا في عام ٢٠٠٠. تمت الموافقة على خطة إعادة إيفرجليدز الشاملة (CERP) لاستعادة وحماية والحفاظ على الموارد المائية والبيئة في وسط وجنوب فلوريدا. تقدر التكلفة بمقدار ٧,٨ مليار دولار أمريكي على مدى السنوات الـ ٣٠ المقبلة. تدفقات المياه العذبة التي تترك المنطقة تحجز ويعاد توجيهها إلى مناطق الحاجة بيئيا بدرجة كبيرة، وإحياء النظم البئية الميتة، بالإضافة إلى ذلك سيتم استخدام بعض الماء لتستفيد منه المدن والمنتجون الزراعيون في المنطقة. هذا المشروع هو الأكثر شمولاً وطموحاً لاستعادة النظام البيئي من أي محاولات اخرى في الولايات المتحدة.

الاحترار العالمي Global warming

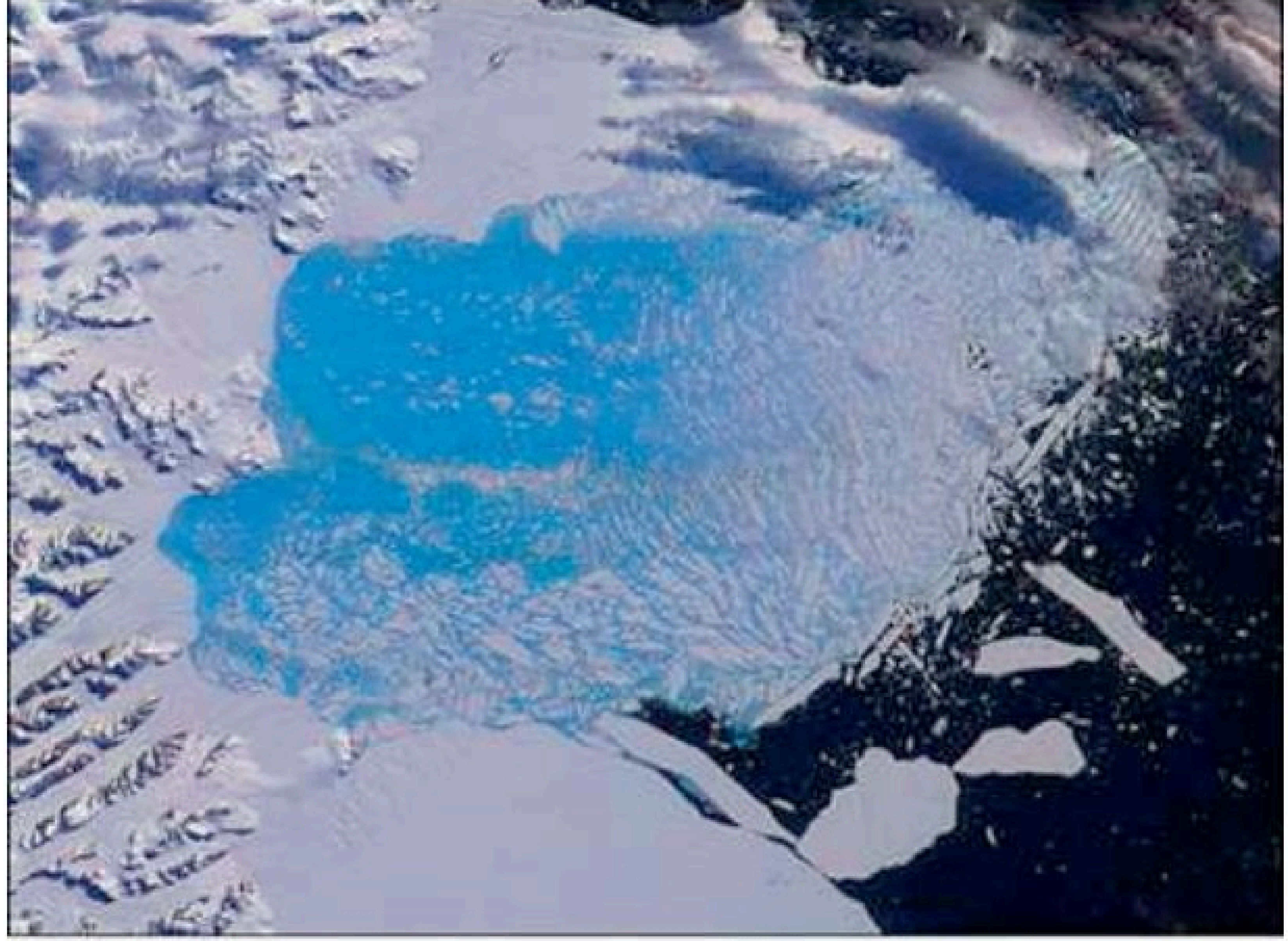
نظرة عامة Overview

انظر إلى برنامج محطة تلفزيون PBS. "تغير المناخ في بداية عام ٢٠٠٦". فبراير ١٠/ ٢٠٠٦.

أعلنت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) بأن للسنة الرابعة على التوالي سجل أعلى درجات حرارة سنوية في العالم منذ أواخر القرن التاسع عشر(الشكل ١٣,١٤). أعلن رئيس الوزراء المملكة المتحدة السابق توني بلير Tony Blair بأن ظاهرة الاحتباس الحراري واحدة من اثنتين من أولوياته لعام ٢٠٠٦. وكان هذا على النقيض من مما قامت به الولايات المتحدة من عدم المشاركة في بروتوكول كيوتو ١٦ فبراير. ٢٠٠٥.

الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية Primary federal agencies involved

وكالة حماية البيئة الأمريكية، ودائرة الأسماك والأحياء البرية الأمريكية، ومكتب الولايات المتحدة للاستصلاح، ووزارة الزراعة الأمريكية، وفيلق مهندسي الجيش الأمريكي، وهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية.



شكل ١٣,١٤. انهيار الجرف الجليدي لارسن- B في شبه الجزيرة القطبية الجنوبية أكثر من ٣٥ يوما في أوائل عام ٢٠٠٢، نتيجة الزيادة في درجات الحرارة بمقدار ٣°م منذ ١٩٤٠.

(NASA image by Jesse Allen. based on MODIS data.)

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

العديد من الحكومات المحلية، والولاية، والإقليمية، والمنظمات الخاصة.

قضايا Issues

يمكن للتأثيرات المستقبلية لتغير المناخ العالمي أن تؤثر كثيرا على موارد المياه، والنظم البيئية، والتنوع الحيوي في الولايات المتحدة وحول العالم. يدخل التغير المناخي الشك في إمدادات المياه في المستقبل، ويمكن أن يؤدي إلى إعادة التوزيع العالمي من أنماط سقوط الأمطار السنوية وطويلة الأجل، وبالإضافة إلى ذلك، فالتغيرات في توقيت سقوط الأمطار، وكثافتها، ومدتها يمكن أن تؤثر على جودة المياه في الأنهار والبحيرات وطبقات المياه الجوفية، ويمكن أن تؤدي هذه التغيرات نحو إمدادات المياه على أقل موثوقية في بعض المناطق، وظروف رطوبة أكبر في بلدان أخرى. قد تكون هناك حاجة للمحافظة على المياه والقضايا الإدارية الأخرى للتكيُّف مع هذه الظروف. مطلوب من الوكالات الحكومية على جميع المستويات وضع برامج وممارسات جديدة لمواجهة هذه التغيرات المستقبلية.

تحاول النظم البيئية والكائنات التكيف مع الظروف المناخية الإقليمية مع مرور الوقت. ويعتمد البشر على هذه النظم الطبيعية، والثقافية، والترفيهية، والاستقرار الاقتصادي، وقد يغير الارتفاع في درجة حرارة الأرض عدد ونوع التنوع البيولوجي الموجود في النظام البيئي بسبب التغيرات في بداية ونهاية مواسم التربية، والتحولات في أنماط الهجرة، والتوزيع، وحجم الجسم، وأعداد الأحياء. يمكن أيضاً أن يكون لتغيير الظروف تأثير إيجابي على بعض الأنواع، على الرغم من بعض الأنواع الغازية (مثل الأعشاب الضارة، أو البعوض) يمكن أن تكون من المستفيدين.

تم التوقيع على بروتوكول كيوتو في كيوتو. اليابان. من خلال أكثر من ١٠٠ حكومة من جميع أنحاء العالم الذين تعهدوا للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مجتمعة بنسبة ٥ في المئة بحلول ٢٠١٢. تشمل الانبعاثات التي تغطيها المعاهدة ثاني أكسيد الكربون ($C0_2$). والميثان (CH_4). والمركبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية (HFCs). perffuorocarbons (PFCs). وسادس فلوريد الكبريت (SF_6). حكومة الولايات المتحدة لم توقع على المعاهدة على الرغم من أن العديد من الحكومات المحلية وحكومات الولايات أعربوا رسميا التأييد لها. أنشأت وكالة USEPA عن برنامج الماء والتغيرات المناخية لتحسين فهمنا لآثار تغير المناخ على الموارد المائية في الولايات المتحدة.

الملاحة Navigation

نظرة عامة Overview

انظر في صحيفة نيويورك تايمز للمقال بعنوان "واشنطن، القاضي ينظر للمهندسين في انتهاك حرمة المحكمة" ٢٤ يوليو ٢٠٠٣.

في عام ٢٠٠٣ حكم قاضٍ اتحادي على فيلق مهندسي الجيش الأمريكي (USACE) بانتهاك حرمة المحكمة لرفضه خفض مستويات المياه في نهر ميسوري لحماية الأسماك والحياة البرية المهددة بالانقراض (الشكل ١٥ ,١٣). طلب من وزير الجيش للامتثال أو دفع غرامة ٥٠٠ ألف دولار أمريكي كل يوم يرفض فيه الأمر جادل USACE بأن الحكم يتعارض مع أمر المحكمة الاتحادية الذي يتطلب توافر تدفقات كافية بالنهر للسماح لحركة مرور البوارج وتوليد الطاقة، لنهر ميسوري العديد من قنوات الخزانات الاتحادية التي تستخدم لتنظيم تدفقات النهر.

الوكالات الأتحادية الاساسية المعنية Primary federal agencies involved

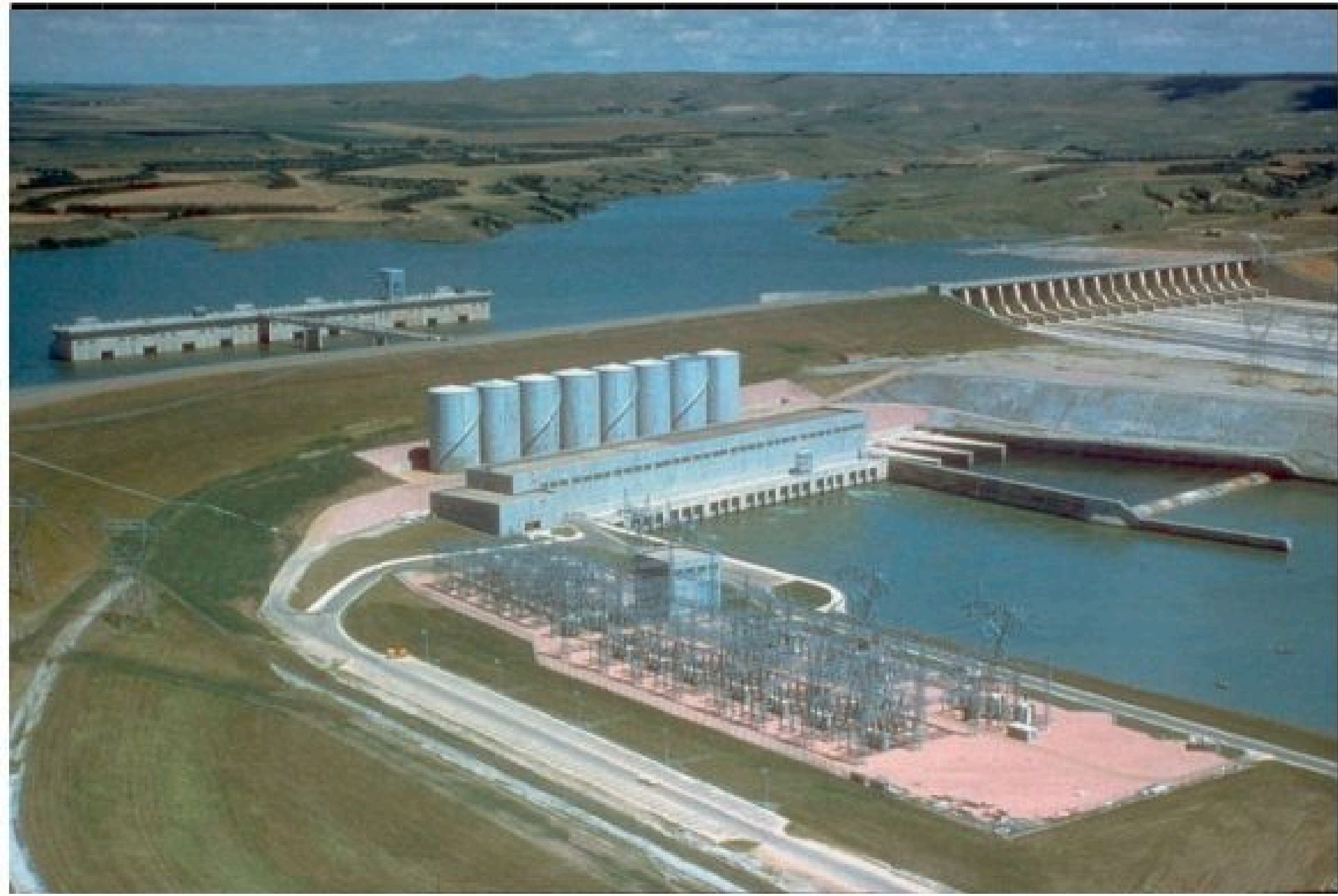
فيلق مهندسي الجيش الأمريكي (للملاحة والحماية من الفيضانات)، ودائرة الأسماك والأحياء البرية الأمريكية (لحماية الأسماك والحياة البرية، والأنواع المعرضة لخطر الانقراض).

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

ولايات أيوا، وميسوري، ومونتانا، ونبراسكا، وداكوتا الشمالية والجنوبية، ومجموعات المحافظة الخاصة.

قضايا Issues

لقد أدى الجفاف الأخير إلى تفاقم الصراع بين استخدام نهر ميسوري للملاحة وتوليد الطاقة، واحتياجات الأسماك والحياة البرية، ستة خزانات بنتها وكالة USACE تمتد من المنبع بولاية ساوث داكوتا إلى مونتانا، وتوفر أكثر من ٨٦ بليون متر مكعب (٢٣ ترليون جالون أو ٧٠ مليون أيكر-قدم) للتحزين حماية من الفيضانات، وللري، والملاحة، وتوليد الطاقة، وهي الأكبر للخزن في الولايات المتحدة، والخزانات هي Fort Peck, Oahe, Garrison, Big Bend, Fort Randall, and Gavins Point.



شكل ١٣,١٥: سد فورت راندال Fort Randall على نهر ميسوري، بلدة بيك، داكوتا الجنوبية، الولايات المتحدة، هو واحد من السدود التي أقامها فيلق مهندسي الجيش الأمريكي القادر على تنظيم إطلاق المياه.

(Photograph courtesy of US Army Corp of Engineers Digital Visual Library)

تستخدم حركة مرور البوارج كبديل أرخص للشاحنات والنقل بالسكك الحديدية، وتنقل الأسمنت السائب، والحبوب، والحصي، والأسفلت السائل وغيرها من السلع. تكلفة النقل بالشاحنات سبع مرات أعلى من تكلفة البارجة، وارتفاع تكاليف الوقود يجعل تكلفة النقل بالشاحنات أعلى بكثير [٥]. إذا كانت مستويات التخزين المشتركة لجميع الخزانات الستة تقع ما دون ٣٨ مليار متر مكعب (١٠ ترليونات جالون أو ٣١ مليون أيكر-قدم) بحلول ١٥ مارس من أي سنة، فإن وكالة USACE لن تطلق المياه للملاحة للموسم المقبل – من أول أبريل إلى أول ديسمبر. تذكر دائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية (USFWS) أن هناك حاجة إلى تدفقات طبيعية

على طول النهر لتحسين صحة النهر، وحماية الأسماك والحياة البرية في المنطقة، الأكاديمية الوطنية للعلوم (NAS) تدعم موقف USFWS. في تقريرها لعام ٢٠٠٢ [٦]. بعنوان "النظام البيئي لنهر ميسوري: استكشاف آفاق الانتعاش". توضح NAS بالتفصيل التدهور الفظيع الذي حدث على طول النهر وكيف أن التغييرات في التدفقات الموسمية حيوية لاستعادة صحة النظام البيئي، وهو ينص على أن فوائد مثل هذه التغييرات ستكون ٨٧ مليون دولار أمريكي، دون تأثيرات تذكر على السيطرة على الفيضانات – وهو الغرض الرئيسي من السدود والخزانات الستة في المنبع.

الأنواع الغازية Invasive species

نظرة عامة Overview

راجع مقال مجلة لانسنغ (ولاية ميشيغان) بعنوان. "البحيرات العظمى مفتاح الصحة للمشرعين". ٨ آذار. ٢٠٠٧؛ والصحيفة اليومية فيل (ولاية كولورادو) بعنوان." القضاء على الأعشاب الضارة (تقريبا)" ديسمبر ١٧. ٢٠٠٦.

كل الأنواع الغازية هي كائنات حية - مثل الميكروب، والنبات، أو الحيوان – التي تدخل النظام البيئي من خلال العمليات الطبيعية، أو مع المساعدة البشرية، وتسبب خطراً على الصحة، أو الاقتصاد، بلح البحر الوحشي *Zebra mussels* (الشكل ١٦ ,١٣) ونبات الأرز الملحي (الأثل *Tamarix aphylla*) هي أمثلة على الأنواع الغازية في الولايات المتحدة التي لها أثر سلبي كبير على الموارد المائية.



شكل ١٣,١٦. حمار وحشي بلح البحر (*Dreissena polymorpha*). هذه هي بلح البحر الحية: يمكنك أن ترى أنها مفتوحة.

(Photograph by Gerard M at http://en.wikipedia.org/wiki/File: Dreissena_polymorpha.jpg.)

الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية Primary federal agencies involved

دائرة الأسماك والحياة البرية الأمركية (الأسماك وحماية الحياة البرية). دائرة المتنزهات الوطنية الأمريكية، مكتب الولايات المتحدة لإدارة الأراضي، وزارة الزراعة، ومكتب الولايات المتحدة للاستصلاح.

الوكالات الأخرى المشاركة Other agency involvement

الدولة والوكالات المحلية، وجماعات الحفاظ على البيئة خاصة.

قضايا Issues

نبات الأرز الملحي (الأثل. *Tamarix aphylla*) ينتشر بسرعة في المناطق المتشاطئة على طول ضفاف النهر في جنوب غرب الولايات المتحدة، ويمكن أن تستهلك ما يصل إلى ١,١ متر مكعب (٣٠٠ جالون) من الماء كل يوم، يتم تحريرها الملح من جذور النباتات لمنع غيرها من النباتات من النمو في مكان قريب. وصل هذا النبات من أوراسيا باعتباره شجيرة زينة في بداية القرن التاسع عشر. النبات جذوره عميقة ويحصل بقوة على الماء من التربة المحيطة والمياه الجوفية. ينمو الأثل إلى ارتفاع من ٣-٥ أمتار (١٢-١٥ قدماً)، ويسبب مشاكل كبيرة باستخدامه كميات كبيرة من المياه بحيث يتم الحد من إمدادات المياه في مشاريع المياه الاتحادية والمحلية، كما يتعدى الأثل على أراضي الحياة البرية الوطنية، أيضاً جرب كل من دائرة المتنزهات الزطنية الأمريكية ودائرة الأسماك والحياة البرية السيطرة الحيوية، مثل البق الدقيقي (*Trabutina mannipara*) وورقة الخنفساء (*Diorhabda*). ومع ذلك، فالموافقة على استخدام السيطرة الحيوية معلقة على التأثير المحتمل على مصيدة الذباب الصفصاف (*Empidonax trailii extimus*). وهو من الطيور المهدد بالانقراض في المنطقة.

حالياً، يوجد ١٨٠ من الأنواع غير المحلية في منطقة البحيرات الكبرى، مثل بلح البحر الوحشي (*Dreissena polymorpha*) الذي يسبب ما يصل إلى ٢٠٠ مليون دولار أمريكي من أضرار اقتصادية سنويا، البحيرات الكبرى - إيري، هورون، ميشيغان، أونتاريو، وسوبيريور توفر المياه لأكثر من ٢٥ مليون شخص، بلح البحر المخطط هي بلح البحر الصغيرة، بحجم ظفر الإنسان وموطنه الأصلي في بحر قزوين في آسيا، ويعتقد أنه تم إدخال بلح البحر في منطقة البحيرات الكبرى من تفريغ مياه سفن الشحن الكبيرة في البحيرات، اكتشف بلح البحر الوحشي لأول مرة في بحيرة سانت كلير، بالقرب من مدينة ديترويت بولاية ميشيغان، في عام ١٩٨٨. ومنذ ذلك الحين، انتشر بسرعة إلى باقي البحيرات العظمى وجميع الممرات المائية في عدة ولايات ومقاطعات وبخاصة أونتاريو وكيبيك.

قضايا وكالة المياه القبلية Tribal agency water issues

نظرة عامة Overview

انظر في مراجعة في الحقوق القانونية للأمريكان الأصليين. "قبيلة كيكابو Kickapoo في كانساس ترفع قضية في المحكمة الاتحادية لإنهاء ٣٠ عاماً من عهد الحرمان المنتظم لحقوق المياه القبيلة".

صيف/ خريف ٢٠٠٦.

في عام ٢٠٠٦. قدم صندوق حقوق الأمريكيين الأصليين (NARF) دعوى قضائية اتحادية نيابة عن قبيلة كيكابو في كنساس لفرض لإنشاء مشروع خزان بلوم Plum Creek. وبالإضافة إلى ذلك، فإن قبيلة تسعى للحصول على تصريح بأن القبيلة وأعضاءها لهم الحقوق لمياه الجزء العلوي من نهر ديلاوير في ولاية كانساس. تسعى القبيلة أيضا للحصول على أمر زجري ضد الولاية، أو التمويل الاتحادي للمشروعات المتعلقة بالمياه على الأراضي الخاصة، لأنها تعمل على تدمير فرص الحصول على إمدادات يمكن الاعتماد عليها ذات جودة جيدة لأراضي القبائل.

الوكالات الاتحادية المعنية Federal agencies involved

مكتب شؤون الهنود، وزارة الزراعة الأمريكية – دائرة المحافظة على الموارد الطبيعية (NRCS). وكالة حماية البيئة الأمريكية.

الوكالات الاخرى المشاركة Other agency involvement

قبيلة كيكابو Kickapoo ولاية كانساس ووكالات أحواض تجميع المياه المحلية.

قضايا Issues

وفقا لدعوى صندوق حقوق الأمريكيين الأصليين، فإن القبيلة كانت تعمل مع دائرة المحافظة على الموارد الطبيعية (NRCS) منذ عام ١٩٨٣ لبناء مشروع متعدد الأغراض في Plum Creek. لقد وقعوا عقداً اتحادياً في عام ١٩٩٤ لبدء البناء. جزء من المشروع يتطلب إدانة الملكية الخاصة، ولكن صوتت منطقة أحواض التجميع المحلية مؤخرا بعدم متابعة أي إجراءات من الإدانة، والقبيلة لا تملك السلطة لإدانة الملكية الخاصة، كما أن القبيلة ليس لها قدرة الوصول إلى إمدادات المياه الصالحة للشرب. (محطة مياه القبيلة تحت إشعار وكالة USEPA الاتحادية التي تنتهك قانون مياه الشرب الآمن لعام ١٩٧٤).

في عام ١٩٠٨ أنشأت المحكمة العليا الأمريكية مبدأ ونترز Winters Doctrine في الولايات المتحدة ضد وينترز، الذي أنشأ مفهوم حق المياه الاتحادية المحجوزة، في الواقع أي حجز أنشئ من قبل الحكومة الأمريكية يحمل معه حق المياه الكافي لتلبية الهدف من الحجز. تاريخ الأفضلية لحق المياه الاتحادية المحجوزة هو نفس تاريخ إنشاء مخيم الحجز نفسه لقبيلة كيكابو وذلك التاريخ هو ٢٤ أكتوبر ١٨٣٢.

خلال جفاف عام ٢٠٠٣ لم يجرِ نهر ديلاوير في ولاية كانساس لأكثر من ٦٠ يوماً، وأجبرت قبيلة كيكابو إلى شحن أكثر من ٢٦٥٠٠ متر مكعب (٧ مليون جالون) من المياه الصالحة للشرب إلى مخيم الحجز، وطلب من العمليات التجارية الحد من استهلاك المياه بما يقرب من ٦٠ ٪. نظام معالجة المياه الحالي بني في منتصف السبعينات من القرن العشرين وغير كافٍ لتلبية احتياجات مياه الشرب والوقاية من الحريق [٧].

قضايا مختارة لوكالة المياه الإقليمية. والولاية. والمحلية Selected regional, state, and local water agency

قضايا وكالة المياه الإقليمية Regional water agency issues

حماية أحواض التجميع Watershed protection

نظرة عامة Overview

راجع صحيفة لوس أنجلوس تايمز، "تهديدا للرؤية الواضحة لبحيرة تاهو". فبراير ٢١/ ٢٠٠٧.

تقع بحيرة تاهو على حدود كاليفورنيا نيفادا، وهي واحدة من أعمق (أكثر من ٠,٤ كيلومتر (٠,٢٥ ميل عمق) وأكثر بحيرات الألب في العالم، تدهورت البحيرة بسبب المشاكل البيئية مثل جريان مياه العواصف الملوثة، والتعرية، وتلوث الهواء، اللون أخذ الأزرق العميق للبحيرة يتلاشى ويتم فقدان حوالي ٠,٣ متر (١ قدم) من الوضوح سنويا بسبب الملوثات (الشكل ١٧ ,١٣).

وكالات المياه الإقليمية المشاركة Regional water agencies involved

وكالة تاهو الإقليمية للتخطيط، ومجلس التحكم في جودة المياه الإقليمية في لاهونتان Lahontan.

قضايا Issues

تعمل الوكالات الاتحادية والإقليمية، والولاية والمحلية معا لوضع خطة جودة المياه لتحديد مصادر التلوث، ثم تقرر الخفوضات في الرواسب والمواد المغذية الضرورية لاستعادة وضوح بحيرة تاهو ونوعيتها.

تسمى هذه الخفوضات أو الحدود مجموع الأحمال اليومية القصوى (TMDLs). منذ عام ١٩٩٧ قدمت وكالة حماية البيئة أكثر من ٢٢ مليون دولار أمريكي لتعزيز جهود جودة المياه حول البحيرة.



شكل ١٣,١٧. بحيرة تاهو Tahoe في خطر من فقدان المياه الزرقاء الأسطورية بسبب تدهور جودة المياه.

(Photograph by Sascha Bru¨ck at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lake_Tahoe_NV.jpg.)

وكرّس شخص متفرغ للعمل مع مسؤولين آخرين لحماية طويلة الأجل للبحيرة. تنظم التنمية حول بحيرة تاهو عن قرب لأكثر من عقدين، ومع ذلك قد أوجدت القضية الجديدة قلقاً لحماية مستقبل البحيرة والقوارب، ومن شأن خطة منطقة الساحل الجديدة رفع الوقف الاختياري لمدة ٢٠ عاماً على بناء أرصفة القوارب على نحو ثلثي البحيرة. هذا الرصيف من شأنه أن يحدث داخل منطقة تعتبر في السابق مآوٍ حساسة للأسماك، ومع ذلك. فقد خلصت دراسة علمية لعقود من أن أرصفة القوارب لا تضر بأعداد الأسماك. ما يقدر بالمئات من أرصفة القوارب ستشيد إذا رفعت القيود، وستزداد حركة القوارب في البحيرة بنسبة ٣٠٪ في العقدين المقبلين، وستصل إلى ٦٠ ألف رحلة كل ليلة. للتخفيف من احتمال تلوث المياه، فإن خطة منطقة الساحل تشمل أول خطة بيئية للقوارب في البلاد- تسمى "برنامج القوارب الزرق Blue Boating Program". يتطلب وجود شهادات لجميع القوارب في البحيرة، والشهادة تضمن أن محرك السفينة يُصان بصورة جيدة، وهيكل القارب خالٍ من الأنواع الغازية.

قضايا وكالة مياه الولاية State water agency issues

المياه الجوفية Groundwater

نظرة عامة Overview

انظر إلى صحيفة تينيسين Tennessean. في مقال "قاتلوا حول حقوق المياه بالقرب من المحاكمة." مارس ٢٠٠٧/١٣.

في عام ٢٠٠٥. رفعت ولاية ميسيسيبي دعوى قضائية ضد قسم الضوء والغاز والمياه بممفيس (الشركة المملوكة للمدينة) بمليار دولار أمريكي بسبب الأضرار المزعومة من ضخ المياه بالقرب من حدود ولايتي تينيسي/ ميسيسيبي، تدعي ولاية ميسيسيبي أن عشرات الآبار التي تديرها ممفيس تخفض مستويات المياه الجوفية في طبقة المياه الجوفية ممفيس ساندز Memphis Sands عبر خط حدود الولايتين.

وكالات مياه الولاية المعنية State water agencies involved

ولايتي ميسيسيبي وتينيسي.

وكالة أخرى مشاركة Other agency involvement

قسم الضوء والغاز والمياه بممفيس ومدينة ممفيس.

قضايا Issues

في عام ٢٠٠٢ لاحظ تقرير من ولاية تينيسي المفارقات أن ضخ المياه الجوفية بالقرب من ممفيس تينيسي، يمكن أن يستنزف المياه الجوفية في ولاية ميسيسيبي في الجنوب، وقد أوجد الضخ المستمر انخفاضاً في مستوى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية Memphis Sands وهي طبقة عالية الجودة للمياه الجوفية التي تمتد تحت شمال ولاية ميسيسيبي. مسؤولو تينيسي يجادلون بأن ضخ المياه الجوفية لاستخدامها في مدينة ممفيس ليس ضاراً لجارتها في الجنوب.

وتجادل ولاية ميسيسيبي أمام المحكمة الاتحادية بأنه ينبغي أن يطلب من ممفيس الحصول على إمدادات المياه من نهر المسيسيبي - وهو احتمال قد يكلف مليارات الدولارات للوصول إليه ومعالجته كمياه صالحة للشرب، هذه دعوى قضائية فريدة من نوعها على إمدادات المياه الجوفية في ولايتين متجاورتين (وهذا يتبع محاولة من جانب شركة خاصة لضخ المياه الجوفية في الميسيسيبي وتحميلها على سفن الشحن في المحيطات ونقلها إلى

المملكة العربية السعودية). تدعي ممفيس بأن المزارعين على الجانب الآخر من نهر المسيسيبي في ولاية أركنسو المجاورة إلى الغرب يستنزفون أيضا إمدادات المياه الجوفية التي يمكن أن تضر ولاية ميسيسيبي. يجادل مسؤولو مدينة ممفيس أيضا بأن معظم تغذية الطبقات الحاملة للمياه الجوفية تحدث في ولاية تينيسي، وهذا يخول مدينة ممفيس بالضخ غير المحدود من "طبقتهم" الجوفية [٨].

صراعات الماء بين الولايات Interstate water conflicts

صراعات متعددة الاستعمال Multi-use conflicts

نظرة عامة Overview

انظر إلى صحيفة جينزفيل (فلوريدا) تايمز بعنوان "المناضلة من أجل كل قطرة." أغسطس ١٣. ٢٠٠٦.

في عام ١٩٩٠. بدأت ولايات ألاباما، وفلوريدا، وجورجيا العمل على معادلة لتوزيع المياه لتقسيم مياه أحواض تجميع الأنهار (ACF) Apalachicola-Chattahoochee-Flint و Alabama-Coosa-Tallapoosa (ACT) بين الولايات الثلاث، واستمع إلى القضية بالمحاكم الاتحادية مرات عديدة، فرق من المفاوضين لا يزالون يعملون على إيجاد حل طويل الأجل لنقص المياه في المنطقة.

الوكالات الاتحادية المعنية Federal agencies involved

فيلق مهندسي الجيش الأمريكي، ودائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية.

وكالة أخرى مشاركة Other agencies involvement

ولايات ألاباما، وجورجيا، وفلوريدا.

قضايا Issues

زاد النمو الحضري في مدينة أتلانتا جورجيا، الطلب على إمدادات المياه العامة، وبالإضافة إلى ذلك، أدت الاحتياجات البيئية في ولاية فلوريدا إلى نزاعات بين الولايات الثلاث ألاباما، وجورجيا، وفلوريدا المشتركة في حوض تجميع واحد، وقد عين حكام الولايات الثلاث للنهر أعضاء بلجان التفاوض في محاولـــة للتوصل إلى تسوية تســـمى اتفاقية ثلاث ولايات Tri-State Agreement – لتوزيع المياه من أحواض الأنهار ACF و ACT.

كلمة "خصوم" تأتي من الكلمة اللاتينية rivalis والتي تعني " الأخذ من نفس الجدول المائي نفسه كما الآخرين".

يشغل فيلق مهندسي الجيش الأمريكي بحيرة لانيير Lanier. بالقرب من أتلانتا جورجيا، وبالتالي زاد من الجدل بين الولايات الثلاث أنها تخطط لإعادة توزيع إمدادات المياه من توليد الطاقة الكهرومائية (استخدام غير الاستهلاكي) إلى استخدام المياه للشرب، تخطط ولاية جورجيا أيضاً لبناء خزان جديد بالمنبع في ألاباما – ما يعني فعلياً قطع جزء من إمدادات المياه إلى الولايات السفلى للنهر، في عام ١٩٩٧ وافق الكونغرس الأميركي والولايات الثلاث على الأحكام لاتفاقية توزيع المياه بين الولايات، ومع ذلك لم يصادق عليها من قبل حكومات الولايات بسبب المنافسات الجارية بشأن شروطه، في عام ٢٠٠٢ أعلن عن اتفاقية أولية لمدة ٣٠ سنة بين الولايات الثلاث، ولكنها لم تستكمل، المواعيد النهائية لتمديد المفاوضات عملت عشرات المرات في القد الماضي.

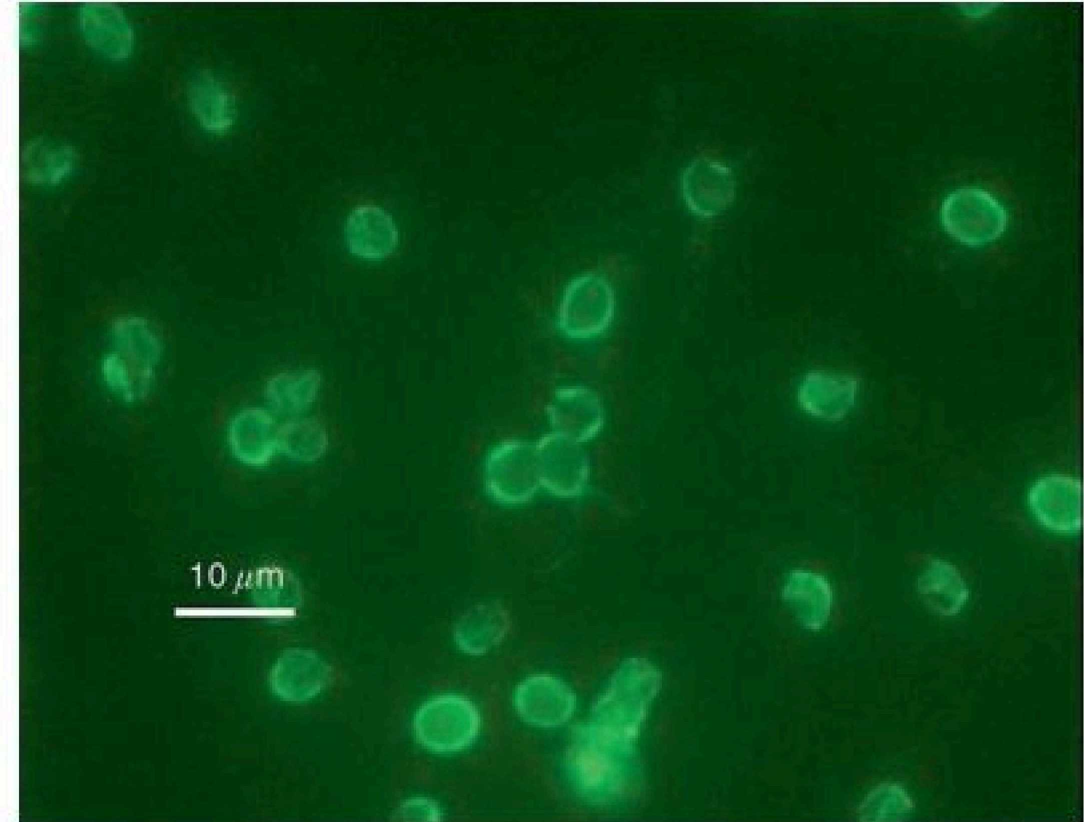
قضايا وكالة المياه المحلية Local agency water issues

مياه الشرب Drinking water

نظرة عامة Overview

انظر CNN. "تعلمت ميلووكي درس الماء، ولكن العديد من المدن الأخرى لم تفعل ذلك، " سبتمبر ١٩٩٦.٢.

في أبريل ١٩٩٣. لقي أكثر من ١٠٠ شخص مصرعهم بعد شرب المياه الملوثة التي توفرها مدينة ميلووكي بولاية ويسكونسن، لوث الطفيل الصغير الفعَّال جدا (*Cryptosporidium parvum*) (الشكل ١٨, ١٣) نظام إمدادات المياه في المدينة، وأصبح أكثر من ٤٠٠ ألف شخص مريض، أدى هذا إلى إصلاح شامل لمحطات معالجة المياه القديمة في المدينة، ارتبط اندلاع الوباء إلى المعالجة غير الكافية لمياه الشرب من بحيرة ميشيغان، وكان أكبر انتشار للمرض الذي تنقله المياه في العالم الصناعي.




شكل ١٣,١٨. طفيل *Cryptosporidium parvum* يمكن أن يشاهد باستخدام تقنيات المناعة الفلورية

(Photograph by H.D.A. Lindquist.USEPA at http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cryptosporidium_parvum_01.jpg.)

الوكالات المحلية الرئيسية المعنية Primary local agencies involved

مدينة ميلووكي ويسكنسن قسم الموارد الطبيعية.

وكالات أخرى مشاركة Other agency involvement

مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها (تحديد المرض، والمصدر، والوقاية).

قضايا Issues

أوجد الثلج بشكل غير معتاد والفصل الربيعي الرطب جريان سطحي للمياه أعلى من المعتاد في عام ١٩٩٣. من المحتمل أن الزيادة في الجريان السطحي أسهم على الأرجح في وجود زيادة من الطفيليات، بل هو صعب جدا، بروتزوا وحيدة الخلية قادرة على تحمل الظروف البيئية القاسية وممارسات معالجة المياه، كثيرا ما وجدت الكريبتوسبوريديوم في الأنهار والبحيرات الملوثة بالمخلفات الحيوانية، أو مياه الصرف الصحي من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، الماشية والأبقار وخاصة العجول، غالبا ما تكون مصدراً رئيسياً للالكريبتوسبوريديوم.

أصاب الإسهال الشديد الناجم عن الطفيليات مئات الآلاف من سكان ميلووكي في ١٩٩٣. وضع أمر بغلي المياه لمدة أسبوع قبل أن يتم استهلاك الماء الملوث، مأساوي لأكثر من ١٠٠ شخص لقوا حتفهم – تعرض العديد لأمراض صحية – جاء التوجيه بعد فوات الأوان.

في ذلك الوقت لم يكن لدى وكالة حماية البيئة الأمريكية معيار لطفيل الكريبتوسبوريديوم بمياه الشرب. انتشار الوباء أمرض ٤٠٣ آلاف شخص، ٤٤ ألفاً منهم تتطلبوا زيارة الطبيب، وتم إدخال ٤٤٠ شخصاً المستشفى، وتسبب في خسائر قدرت بـ ٩٦ مليون دولار أمريكي من الأجور والنفقات الطبية، وقد صرفت المدينة ٩٠ مليون دولار أمريكي لتركيب نظام جديد لتنقية الأوزون، لأن الكلور لا يقتل الكريبتوسبوريديوم، كما تم تمديد أنابيب سحب المياه بطول إضافي ١٢٨٠ متراً (٤٢٠٠ قدم) في بحيرة ميشيغان للحصول على مياه أكثر نقاوة [٩].

المنافسة بين المياه الجوفية / السطحية Groundwater/surface water conflict

نظرة عامة Overview

راجع صحيفة (كولورادو) غريلي تريبيون. " إيقاف ٤٤٠ بئراً" مايو ٩. ٢٠٠٦.

يوم ٨ مايو ٢٠٠٦. أمر بايقاف ٤٤٠ من آبار المياه الجوفية الغرينية الضحلة بسبب عدم كفاية إمدادات المياه لحماية حقوق الكبار للمياه على نهر سوث بلات South Platte بولاية كولورادو، استخدمت معظم الآبار لأغراض الري، وتمت زراعة المحاصيل بالفعل، ويعتقد أن هذه هي المرة الأولى في تاريخ الولايات المتحدة بإيقاف ضخ مياه الري من الابار بعد بداية موسم زراعة المحاصيل.

الوكالة الرئيسية المعنية المحلية Primary local agency involved

منطقة الحفاظ على المياه المركزية بكولورادو.

الوكالات الأخرى المعنية other agencies involved

ولاية كولورادو ومختلف المدن ومجموعات الري.

قضايا Issues

تتبع كولورادو مبدأ قبل الاستيلاء بشكل صارم، وتتطلب من مستخدمي المياه السطحية ومضخات روافد المياه الجوفية، باتباع نظام الأفضلية نفسها - " الأول في الوقت أولاً في الحق". وكان ضخ المياه الجوفية من روافد مستمرة منذ أكثر من ١٠٠ سنة، ولكن في عام ١٩٦٩. وافق المجلس التشريعي بولاية كولورادو على التشريعات الضرورية لتأمين تلك الآبار أيضا باتباع قانون "الأول في الوقت، الاول في الحق ". أعطيت أولوية لتاريخ حفر البئر واستخدامها على نحو مفيد - عموما في ١٩٣٠ ، و ١٩٥٠ معظم كبار مستخدمي المياه السطحية عن طريق حقوق الأولوية لديهم تواريخ إلى منتصف أو أواخر عام ١٨٠٠، وكان إغلاق الآبار في عام ٢٠٠٦ مدمراً بشكل كبير للاقتصاد المحلي الزراعي للمزارعين الذين يستخدمون الآبار في الري، انخفضت قيمة العقارات من الأراضي المروية سابقا، وبسبب عدم وجود مياه الآبار أجبر بعض المزارعين على مغادرة المنطقة، وبالإضافة إلى ذلك، تم استخدام بعض الآبار لمياه الشرب وري الملاعب الرياضية في المدارس العامة، وكانت هذه الإمدادات أيضا " موسومة بالأحمر" من قبل الولاية ولم يعد استخدامها.

الأنهار في المناطق الحضرية Urban rivers

نظرة عامة Overview

انظر إلى محطة تلفزيون CBS 11 - دالاس / فورت وورث. تكساس. " يطرح مصممو الأفكار مشروعاً لنهر ترينتي Trinity ". مارس ٦. ٢٠٠٧.

بدأ مشروع ممر نهر ترينتي كمبادرة ممولة من القطاع الخاص لتعزيز وحماية ممر نهر ترينتي من خلال مركز مدينة دالاس تكساس، وتشتمل الخطط على التوسع وزيادة السدود القائمة، وإنشاء الحدائق العامة ومآوي الحياة البرية، وسوف يكون هناك طريق إقليمي برسوم موازياً للمشروع لتعزيز التنمية الاقتصادية في الأحياء المتاخمة لنهر ترنتي. وافق مواطنو دالاس إصدار سندات بقيمة ٢٤٦ مليون دولار أمريكي في عام ١٩٩٨ للمشروع (الشكل ١٩, ١٣).

الوكالات الأولية للمياه المحلية المعنية Primary local water agency involved

مدينة دالاس.

وكالات أخرى مشاركة Other agency involvement

فيلق مهندسي الجيش الأمريكي الوكالة الأميركية لحماية البيئة دائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية وولاية تكساس.

قضايا Issues

تم تبطين قنوات نهر ترينتي حول ١٩٣٢ بعد الفيضان العظيم عام ١٨٩٨. عندما بلغ عمق نهر ترنتي أكثر من ١٥ متراً (٥٠ قدماً) موزعة على عدة كيلومترات (أميال). توفي خمسة أشخاص، و ٤٠٠٠ فروا من منازلهم. بقايا قليلة من قناة النهر الأصلي موجود اليوم. سوف يعيد مشروع ممر نهر ترنتي تطوير تعرجات النهر وإنشأ الأراضي الرطبة من مياه الأمطار وتعزيز مآوي الحياة البرية، وإنشاء بحيرة بيئية حضرية داخل ممر النهر، وتوفير المياه لنظام االبحيرة المدرجة، وإنشاء ملاعب كرة القدم، والمسارات، وأماكن للتجديف بالقوارب، وإنشاء الجسور عبر النهر، والحواجز في شوراع وسط المدينة. مجموع التكاليف، بما في ذلك الطرق، يقارب مليار دولار. ما يقرب من ٢٥ ٪ من الأموال ستوفَّر محليا، وستقدّم خمسة وسبعون ٪ من وكالات الولاية والحكومة الاتحادية، مقترح منتزه دالاس ، الذي يقع في إطار المشروع، بمساحة أكثر من ٨٠٠ هكتار (٢٠٠٠ ايكر) تكون أكثر من ثلاثة أضعاف مساحة منتزه وسط مدينة نيويورك، وستكون هناك حاجة لتصاريح من فيلق مهندسي الجيش الأمريكي لتحسين الحواجز، أو للقيام بإنشاءات العمل مع النهر، وبالإضافة إلى ذلك، لا بد من استشارة الوكالة الأميركية لحماية البيئة ودائرة الأسماك والحياة البرية الأمريكية كجزء من الامتثال لقانون السياسة البيئية الوطنية.



شكل ١٣,١٩. تظهر هذه الصورة نهر ترينيتي بولاية تكساس، أمريكا

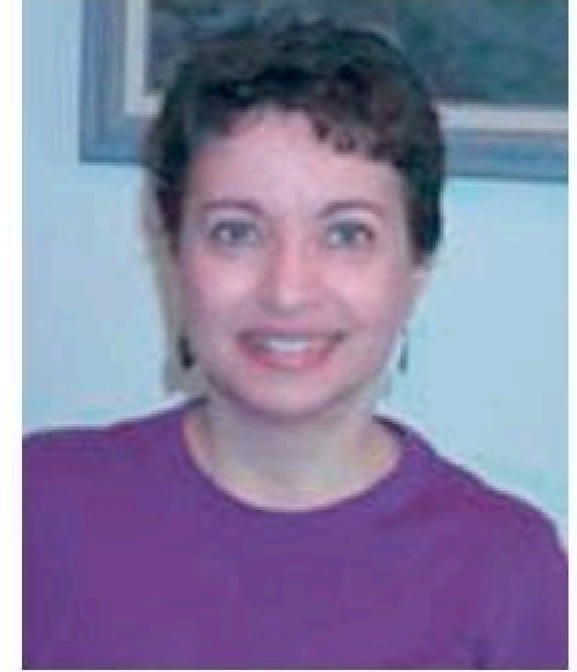
(Image by Kuru using data from USG at http://en.wikipedia.org/wiki/File Trinity_Watershed.png.)

خصخصة أنظمة المياه Privatization of water systems

المياه وفقا لمجلة فورتشن [١٠]. هذا البرنامج هو "واحد من فرص الاستثمار الكبيرة في العالم، الذي يعد بأن يكون للقرن الحادي والعشرين قيمة كما كان النفط في القرن العشرين"، وفقا لتقرير صادر عن هيئة الإذاعة الكندية في عام ٢٠٠٣، اتخذت ثلاث شركات عالمية عملاقة بهدوء أسلوب السيطرة على أنظمة المياه التي تخدم حوالي ٣٠٠ مليون شخص في جميع أنحاء العالم [١١]. وتراوحت نتائجها من النجاح المحدود إلى الكارثي.

مقالة من الدكتورة لوريل فينيكس Dr. Laurel Phoenix

الدكتورة لوريل فينيكس (الشكل ١٣,٢٠) هي أستاذ مشارك في الموارد المائية والأراضي في جامعة ويسكونسن – غرين باي Green Bay. اهتماماتها البحثية إدارة الموارد المائية والتخطيط لاستخدام الأراضي بيئيا، مع التركيز على البنية التحتية للمياه البلدية والصرف الصحي وتنمية مصادر الموارد المائية.



شكل ١٣,٢٠. الدكتورة لوريل فينيكس

خصخصة المياه: بعض الاتجاهات الدولية Water Privatization: Some international trends

من هو الذي يملك، أو يسيطر على الماء الذي نشربه؟ وهل ينبغي النظر إلى الماء حقاً من حقوق الإنسان، أو مجرد سلعة تباع وتشترى؟ هذه الأسئلة الفلسفية لها أهمية وعواقب اجتماعية، واقتصادية، وسياسية، وبيئية اعتمادا على كيفية الرد عليها، هذا المقال سوف يناقش الاتجاه المتزايد في خصخصة المياه دوليا، وخاصة خصخصة مياه الشرب، وبعض من المخاوف المرتبطة بهذه الخصخصة، وإبراز بعض التجارب حول العالم، حيث ثبت أن الخصخصة قد تكون ضد المصلحة العامة.

خصخصة المياه هي الحالة التي بها تسيطر شركة خاصة على جزء أو كل المرافق العامة، مثل: معالجة مياه الشرب والتوصيل، أو جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي. ما هو الدافع الجديد باتجاه الخصخصة؟ أولا عدد سكان العالم ينمو ولكن إمدادات المياه العذبة محدودة. في الواقع، إمدادات المياه العذبة آخذة في التناقص بسبب التلوث الذي بشكل فعَّال يزيل بعض الماء كمصدر محتمل للمياه. مع محدودية المورد، وعدم استدامة المورد، وضرورية المورد مثل المياه – مقابل الطلب المتزايد من تزايد السكان ترفع السعر المحتمل للمورد، على الرغم من أن البعض قد يكون على استعداد لدفع المزيد من أجل المياه، فإن أفقر المواطنين لن يكون قادرا على ترجمة حاجتهم

إلى الماء في الطلب بالسوق، بسبب عدم وجود المال لدفع ثمن الماء، إلى جانب هذا هي مشكلة عالمية تشترك فيها العديد من مدن وعدم كفاية نظم إمدادات المياه التي تحتاج إلى تحسين أو توسيع هذه المدن تجد صعوبة متزايدة في الحصول على التمويل اللازم لبدء مثل هذه المشاريع الرأسمالية الكبيرة، على سبيل المثال مدن مثل بالتيمور واشنطن، دي سي، سانت لويس، وبوسطن، لديها أنابيب مياه عمرها أكثر من ١٠٠ سنة مصنوعة من جذوع الأشجار، أو تجاويف من حديد الزهر الهش، والذي يتشقق بسهولة تحت الضغوط المتزايدة لضخ المزيد من المياه من خلال النظام لتلبية الطلب الجديد.

استجابت لهذا الطلب عدة شركات عملاقة التي حققت الأرباح المحتملة من توفير المياه الحضرية وخدمات الصرف الصحي، على الرغم من أن هناك العديد من الشركات الهندسية الصغيرة التي توفر هذه الخدمات إلى المدن. إنَّ أكبر ثلاث شركات متعددة الجنسيات موجودة في أوروبا، والعديد من مرافق المياه والصرف الصحي العامة قد تم بالفعل خصخصتها في أوروبا، في حين أن ٨٠٪ من الأميركيين لا يزالون معتمدين على المرافق العامة، إن تطوير وتوسيع كافة المياه العامة ومرافق مياه الصرف الصحي، ستكلف تريليون دولار أمريكي وتوقع المحللون أن السوق مياه الشرب الأمريكية سوف تنمو وتحتاج إضافة ١٢٠-١٤٠مليار دولار بحلول عام ٢٠١٩، في أمريكا وأوروبا (بما في ذلك الآن من بلدان أوروبا الشرقية سابقا). من المتوقع أن أكبر ثلاث شركات متعددة الجنسيات تخطط للسيطرة على ٦٥-٧٥ ٪ من المرافق العامة بحلول عام ٢٠٢٠. قدرت منظمة الصحة العالمية (WHO) بأن ١,٢ بليون شخص في جميع أنحاء العالم يفتقرون إلى مياه الشرب المأمونة، و ٢,٥ بليون نسمة يفتقرون إلى المرافق الصحية الكافية، وتوقع المنتدى العالمي الثاني للمياه الذي عقد في عام ٢٠٠٠ أن التكلفة العالمية لتوفير المياه الصالحة للشرب وحدها ستكون ١٠٠ مليار دولار أمريكي على مدى السنوات ال ٢٥ المقبلة [١٢].

تجادل الشركات الخاصة بأنها بأنه يمكنها إدارة أو بناء أنظمة المياه بشكل أكثر كفاءة من الكيانات العامة، على الرغم من عدم وجود بيانات حتى الآن لدعم ذلك لبلدانهم الغنية، تزعم هذه الشركات أيضا بأن الإمكانيات الكبيرة لمنحهم عقداً مدته ٢٠ عاما هو أن لديهم إمكانية الوصول إلى صناديق الاستثمار أكثر بكثير من المدينة للحصول على رأس المال لبدء مشروعات مكلفة، وهذا يمكن أن يكون صحيحا في بعض الحالات، ولكن بعض الشركات تنمو بسرعة لدرجة أن ديونها الخاصة تصبح مرهقة، وأي مدينة لا تريد أن تكون شريكة مع ما يشبه الفقاعة التي قد تنفجر خلال تنفيذ العقد، في بعض الأحيان قد تضغط شركات القطاع الخاص لزيادة التمويل العام لزيادة رأس المال بحيث لا يتم استثمار الكثير من أموالهم الخاصة.

تزيد شركات المياه تبرعاتهم للسياسيين على المستوى المحلي والوطني، وذلك باستخدام جماعات الضغط للتأثير على القوانين الوطنية ودعم الخصخصة وإجراء حملات العلاقات العامة المتعددة الأوجه للتأثير على المواطنين لصالح الخصخصة، كل هذه الإستراتيجيات ساعدتهم على دخول أسواق جديدة والحفاظ على جاذبية أسهمهم.

وقد أدى نتيجة زيادة الطلب على المياه والاستجابة السريعة لملء الطلب لبعض الحالات غير الناجحة للخصخصة، حيث لم تخدم المصلحة العامة، من العديد من هذه الأمثلة، أوجد Gleick et al. [13] قائمة باهتمامات الخصخصة التي تحتاج إلى معالجة في عقود الخصخصة في المستقبل بحيث يستطيع المواطنون في المناطق الحضرية لأي بلد يمكن أن تستفيد منها [١٣]. أولا إذا تخلت الحكومات المحلية عن مسؤوليتها التاريخية في توفير الخدمات الأساسية لجميع المواطنين من خلال الخصخصة، فالواجب عليها المحافظة على قوة الرقابة والتنظيم لضمان استمرار المصلحة العامة ويتم خدمة المواطنين بمسؤولية وعلى قدم المساواة.

قلق آخر هو أن الخصخصة قد تزيد من عدم المساواة الاقتصادية إذا كان سعر المياه خارج قدرة الفقراء على الدفع، في هذه الحالات، يحتاج إيجاد نوع من الدعم، وبالمثل، فإن التسعيرة المنخفضة جدا لا تشجع في زيادة الكفاءة والترشيد من قبل أولئك الذين لديهم المال الكافي لدفع فواتير المياه الخاصة بهم.

إذا كانت العقود لا تشمل الرقابة على العقود والمشاركة العامة، فسوف يتم تجاهل المصلحة العامة، سواء من خلال عدم كفاية الصيانة، والفشل في زيادة الوصول إلى الأحياء غير المخدومة، أو تجاهل مشاكل جودة المياه التي قد تضر بالناس على مر الزمن، وبالمثل، لا بد من كتابة عمليات تسوية المنازعات بوضوح للمدن لمعالجة أي فشل في تقديم الخدمات، أو طلبات الشركة لزيادة فواتير المياه، قد تكون للشركة اهتمامات أقل بالعواقب بالمجتمعات على المصب، أو النظم البيئية المحلية من اهتماماتها بالمدينة نفسها، لذلك يجب حماية وتحمل العواقب المحتملة على تلك الكيانات الخارجية في العقود المبرمة.

تعني الخصخصة أيضا أن أي الأرباح ستربط المجتمع المحلي بالشركة الأم، وهذا مهم جدا في الدول الغنية حيث المدن لديها خبرة طويلة مع تشغيل أنظمتها العامة الخاصة بتلك المدن، يجب ألا تكون الخصخصة بشكل مطلق أبداً، وإعطاء الشركة ملكية حقوق المياه، أو المياه نفسها، ولكن يجب أن يكون العقد على معالجة وتوزيع المياه، وهنا يكمن الخلاف بوضوح على ما إذا كانت المياه من السلع الأساسية تباع وتشترى، أو أنها سلعة اجتماعية من حق البشر.

سيطرة القطاع العام على المياه مرتبطة بخطط التنمية الاقتصادية، والمياه المقدمة للأحياء التي خارج المدينة عادة ما يُشترط ضمها إليها، أما سيطرة القطاع الخاص على المياه فسيترك المدينة دون مراقبة لكيفية استخدام الماء لجذب استثمارات جديدة، أو توسيع حدودها السياسية.

الأحداث الآتية تعطي بإيجاز أمثلة داخل وخارج الولايات المتحدة، حيث نما الشعور بالآلام من البنية التحتية لصناعة المياه.

الولايات المتحدة الأمريكية وكندا United States and Canada

في مدينة أتلانتا جورجيا ألغي العقد الذي مدته ٢٠ عاماً، المبرم في يناير من عام ١٩٩٩ في يناير من عام ٢٠٠٣ بعد مشاكل كثيرة مع الماء البني، وأوامر غلايات المياه، والصيانة البطيئة، والفواتير، وتركيب العدادات، والطرق التالفة أنشأت المدينة مرة أخرى قسم مياه خاص بها يتعامل مرة اخرى مع استبدال الأنابيب القديمة والمكسورة في حين أن المنطقة لا تزال تنمو.

في عام ١٩٩٩، أراد رئيس بلدية ستوكتون، كاليفورنيا، خصخصة أنظمة المياه ومياه الصرف الصحي في المدينة، فاحتج المواطنون المحليون وجمعوا توقيعات كافية لفرض إجراء استفتاء على هذه القضية، وقال مدقق حسابات محايد بأن المدينة لن تستطيع توفير الـ ١٧٥ مليون دولار الموعودة على مدى ٢٠ سنة، ولكن ستوفر مليون دولار أمريكي سنويا من خلال عدم الخصخصة، على الرغم من هذا، وقَّع مجلس المدينة عقداً بقيمة ٦٠٠ مليون دولار لمدة ٢٠ عاماً. قبل أسبوعين من إجراء الاستفتاء المقرر في مارس ٢٠٠٣، في خريف عام ٢٠٠٤ قضت المحكمة العليا في كاليفورنيا أن المجلس قد أساء استعمال سلطاته من خلال التوقيع على العقد قبل كتابة فقرة عن الأثر البيئي للمشروع، كما تتطلبه قوانين ولاية كاليفورنيا.

مستوحاة من السياسي ستيوارت سميث Stuart Smith. خصصت مدينة هاملتون أونتاريو المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي في عام ١٩٩٥ والتي تشهد معدلات متزايدة من المياه، والانسكابات لمياه الصرف الصحي، والغرامات البيئية غير المدفوعة خلال السنوات الست المقبلة، تدفق فقاعات مياه الصرف الصحي من خلال أغطية غرف التفتيش إلى الطوابق السفلية، والتدفق في خليج برلنغتون لعدة أيام، كان الخفض الحاد في عدد الموظفين من قبل الشركة الخاصة أثر على السلامة، والصيانة، والقدرة على إجراء بعض الإصلاحات على وجه

السرعة. لدى مدينة هاميلتون الآن شركة مختلفة خاصة، ولكنها قد تعود إلى كيان يشغل من القطاع العام في المستقبل.

أمثلة دولية International examples

دوليا وقعت الشركات متعددة الجنسيات اتفاقيات الخصخصة في أكثر من ١٣٠ بلداً في البلدان النامية. شركات المياه هذه استطاعت الوصول إلى صفقات الخصخصة عندما إشترط كل من البنك الدولي أو صندوق النقد الدولي للحصول على تخفيف الديون بخصخصة مرافق البلاد. تحركت شركات المياه هذه وعادة مع ضمان الأرباح، والبدء في رفع مستوى مرافق معالجة المياه، أو الصرف الصحي، ومن الشائع أيضا أنه بمجرد خصخصة المرافق رسميا، يتم رفع أسعار المياه ويتم قطع المياه عن الناس الفقراء الذين لا يستطيعون تحمل معدلات أعلى، في كثير من الأحيان، المجتمعات الأكثر فقراً في هذه المدن والأكثر حاجة للمياه المعالجة ليست مخدومة على الإطلاق.

المثال الأول والأكثر شهرة هو مدينة كوتشابامبا بوليفيا، ارتفعت أسعار المياه بعد توقيع العقد مباشرة وعلى ضوء ذلك ارتفعت الاسعار ثلاث أو أربع مرات في الفواتير الشهرية، وبعض الأسر الآن تدفع ٢٠ ٪ من كامل دخلها الشهري على المياه. أدى العصيان المدني، والإضرابات والمسيرات في الشوارع بأن ترسل الحكومة البوليفية قواتها التي عملت على تقييد الحريات المدنية. بعد اطلاق النار على الحشود في مناسبات عدة التي تسببت في سبع وفيات وإصابات عديدة، أوقفت الحكومة البوليفية التصعيد بإلغاء العقد، وأخبرت شركة المياه بأنه لا يمكن ضمان سلامة العمال ما لم يقوموا على الفور بمغادرة المدينة. الشركات المتعددة الجنسيات لا تزال تحاول مقاضاة بوليفيا عن فقدان الأرباح المتوقعة في المستقبل.

تحسبا لخصخصة إمدادات المياه، توقفت المجتمعات في جنوب أفريقيا في عام ١٩٩٨ عن تقديم الدعم على فواتير المياه، وعُمِلَ ذلك لكي يبدو للشركات القادمة بأن السكان المحليين يستطيعون دفع فواتير المياه الخاصة بهم، ومع ذلك، فالفقراء المدعومون لا يستطيعون دفع معدلات اعلى، ومنعت عنهم خدمات المياه. عندما اضطر الناس لاستخدام الجداول والبرك الملوثة، قتل وباء الكوليرا ٣٠٠ شخص ومَرِضَ أكثر من ربع مليون بحلول عام ٢٠٠٢.

وقَّعت بوينس آيرس الأرجنتين، عقداً للخصخصة في عام ١٩٩٣، وعلى الرغم من العديد من الحالات والفوائد الكبيرة لشركة المياه، بحلول عام ٢٠٠٢ لم تحقق الشركة الأهداف التي وضعتها. قطعت الشركة الخدمة عن كثير من الذين لم يتمكنوا من دفع الزيادة ٢٠٪ في معدلات الاستهلاك، ولم تقم ببناء محطة مياه الصرف

الصحي التي وعدت بها بالعقد، وتركت ٩٥ ٪ من مياه الصرف الصحي في المدينة لتدفق غير معالجة في النهر. قامت الأرجنتين بمقاضاة الشركة لهذا والعقود الأخرى غير المنفذة.

على الرغم من المشاكل المذكورة هنا فصناعة المياه لا تزال لديها القدرة على المساعدة في بناء والحفاظ على البنية التحتية للمياه والصرف الصحي في جميع أنحاء العالم، ما دامت العقود تشمل ضمانات للمصلحة العامة ومنظمة بإحكام، يمكن للبنك الدولي والمؤسسات المماثلة ضمان السلامة للدول من خلال الطلب بوجود العقود القياسية التي تصنف مثل هذه الحالات، يمكن أن تتضمن ما يلي: شروط استثمارات الحد الأدنى المضمون سنوياً التاكد من وصول الخدمات الجديدة إلى الفئات السكانية المحرومة وغير المخدومة أولا (على سبيل المثال المجتمعات الأكثر فقراً العشوائية المتاخمة للمدن). وتقسيط المدفوعات أو غيرها من الحوافز إذا كانت جودة المياه ليست عالية، أو الإصلاحات ليست في الوقت المناسب، وحدود وفترات رفع معدلات أسعار المياه، ومقاييس أداء واضحة، وشفافية المحاسبة حتى يتسنى للمحليين تنظيم الشركة، وعدم تسريح العمال من العاملين الموجودين في القطاع العام على مدى السنوات القليلة الأولى.

ومن الواضح أن موضوع السيطرة على المياه المحلية يجب أن يبقى في محيط القطاع العام، لا ينبغي أن نمنع من الحصول على المياه ومعاملتها كالهواء، ولكن عندما تتم الخصخصة بطريقة غير متوازنة مع حقوق الإنسان، فإننا نخاطر بهذا الشيء جداً. إن الاندفاع نحو الخصخصة بطيء إلى حد كبير لأكثر من سبب، لاحتياجه إلى عقود مكتوبة بشكل جيد، وشفافية من الشركات قد تسمح بنجاح الشراكة العامة والخاصة أن تحدث.

مجموعة مختارة من قضايا وكالة المياه في جميع أنحاء العالم **Selected water agency issues around the world**

أستراليا **Australia**

انظر النشرة الإعلامية لرئيس وزراء أستراليا جون هوارد John Howard. يناير ٢٤/ ٢٠٠٧.

سيتم استخدام صندوق مياه الحكومة الأسترالية لتمويل ٢٢٠ مليون دولار أسترالي لتحسين أحواض تجميع المياه في الكومنولث وتشمل المشاريع ترشيد المياه، وتقاعد حقوق المياه (مع التعويض) لزيادة تدفق المياه البيئية في الأنهار والجداول، وتطوير إمدادات المياه المعاد تدويرها، وتطوير نظم إمدادات المياه الجديدة للمجتمعات المختلفة.

كندا Canada

انظر أخبار CBC "بيع مياه كندا". أغسطس/ ٢٥/ ٢٠٠٤.

يقوم أصحاب المشاريع على استكشاف الأساليب القانونية لبيع إمدادات المياه الكندية للأسواق الخارجية عن طريق سفن النقل البحري، والمعارضون لخطط البيع هذه "المياه بالجملة" على نطاق واسع، وبلغ أعضاء "مجلس الكنديين" ١٠٠ ألف عضو، ولكن تم التطوير واعتبارها مقترحات جدية من قبل حكومات المقاطعات.

حكومة ساسكاتشوان Government of Saskatchewan

انظر الشراكة من أجل تنفيذ خطة حماية مصدر المياه . يونيو/ ٢٢/ ٢٠٠٦. تقوم سلطة أحواض تجميع مياه ساسكاتشوان وشركة دكس أنلمتد كندا Ducks Unlimited Canada وأحواض مياه سوريس السفلى Souris بتطوير خطة حماية مصدر مياه نهر سوريس لحماية وإدارة المياه المصدر (المياه المستخدمة في النهاية كمياه شرب). والهدف من ذلك هو الاستفادة من الأراضي الرطبة لتكون بمثابة مرشحات طبيعية لمنع التلوث من الوصول إلى البحيرات والأنهار والمياه الجوفية، وفي النهاية مياه الصنبور في المنازل في المنطقة.

نيوزيلندا New Zealand

انظر صحيفة نيوزيلندا هيرالد "حزب ماوري يتساءل عن ملكية الحكومة للمياه العذبة". مارس/ ٢٣/ ٢٠٠٧.

حزب الماوري يتساءل عن ملكية المياه في نيوزيلندا، يجادلون بأن بعض المياه في بحيرات وأنهار البلاد ملك للشعب الماوري الأصلي في الشمال وجنوب الجزر. تدرس الحكومة النيوزيلندية هذا الموضوع من خلال برنامج المياه المستدامة والعمل به، وذلك باستخدام شعار "أربعة ملايين مستخدم حذرين". ناقش العضو في البرلمان تي يرورا فلافيل Te Ururoa Flavell هذا البيان من قبل حكومة نيوزيلندا، وأوضح أنه يصل إلى أن يكون حملة تضليل عامة.

في ٤ فبراير. عام ١٨٤٠. تم التوقيع على معاهدة وايتانغي Waitangi (الوثيقة التأسيسية لنيوزيلندا). تعطي التاج البريطاني الحق في شراء مختلف الموارد الطبيعية للجزر التي اصبحت في وقت لاحق نيوزيلندا. اليوم الذي تم فيه توقيع معاهدة وايتانغي (الماوري: معاهدة ايتانغي) هو يوم عطلة وطنية. أخذت المعاهدة اسمها من موقع في خليج الجزر حيث تم التوقيع عليها. باللغتين الإنجليزية والماوري. من قبل التاج البريطاني وحوالي ٥٤٠ من رؤساء الماوري. الوثيقة الأصلية موجودة في ارشيف لنيوزيلندا في ويلينغتون.

جنوب أفريقيا South Africa

أخبار BBC. "خصخصة المياه: القضية ضد." يونيو / ٣/ ٢٠٠٣.

في عام ٢٠٠٠ طلبت حكومة جنوب أفريقيا منسكان الريف في منطقة Ngwelezane in the Kwa Zulu - Natal دفع ثمن المياه التي سبق أن استخدموها مجانا في الماضي، ودفع ثمن المياه غير مسموح به أبداً، وعلى الرغم من أن الشركات الخاصة توفر المياه المعالجة، التي هي أكثر أمانا، ولكن مكلفة، الشركات الخاصة في كثير من الأحيان لا تخدم المجتمعات الفقيرة، بدلا من ذلك فإنهم يختارون المناطق الأكثر ربحية للتطوير، وقد أدت خصخصة المياه للفقراء إلى استخدام مياه غير معالجة من الجداول المائية، مما أدى إلى تفشي وباء الكوليرا مؤخرا وأودى بحياة ٢٠٠ شخص.

الإمارات العربية المتحدة United Arab Emirates

انظر وكالة أنباء خدمات إنتر الصحفية "التفكير إلى ما هو أبعد من محطات تحلية المياه." مارس ٢١/ ٢٠٠٧.

يعدُّنقص المياه في منطقة الخليج مشكلة متنامية خصوصاً مع قلة الأمطار وارتفاع معدلات التبخر وزيادة استهلاك المياه والنمو الحضري المُتسارع مما تسبب في عجز خطير في وفرة المياه، تعاني دول مجلس التعاون الخليجي (GCC) الست من آثار مستويات التحضر التي تصل إلى نحو ٨٥٪ ودولة الإمارات العربية المتحدة على سبيل المثال منها هي ثاني أكبر مستهلك في العالم من المياه للفرد بعد الولايات المتحدة، وفيها خصخصة أنظمة المياه آخذة في التوسع بسرعة، ويجري تشييد المزيد من محطات تحلية المياه، ومع ذلك هذه المحطات باهظة الثمن جدا للبناء والتشغيل، ويمكن أن تلحق الضرر بالنظم البيئية الساحلية. تبحث الحكومات في المنطقة عن طرق أكثر فعالية من حيث التكلفة المناسبة والتوافق مع البيئة لتلبية الطلب على المياه المتزايدة.

ملخص الفصل Summary Points

- ركز هذا الفصل على استخدامات المياه الاخيرة في الولايات المتحدة الأمريكية. تؤدي العديد من الوكالات الاتحادية دوراً في حماية وإدارة الموارد المائية والبيئة في الولايات المتحدة، ويقوم مجلس الرئيس عن الجودة البيئية بتنسيق الجهود مع أنشطة الوكالات الفيدرالية.

- وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA): الوكالة المكلفة بتنظيم الموارد في البلاد، تسترشد بالقانون الوطني للسياسة البيئية (NEPA) لعام ١٩٦٩ وقانون المياه النظيفة لعام ١٩٧٢.
- دائرة الأسماك والأحياء البرية الأمريكية (USFWS): تعمل على حفظ وحماية وتعزيز الأسماك والحياة البرية والنباتات ومآويها، قانون الأنواع المهددة بالانقراض لعام ١٩٧٣ ضمن المجال الخاص بها.
- فيلق مهندسي الجيش الأمريكي (USACE): طور في عام ١٨٠٢ يقوم بالتخطيط، والتصميم، والبناء، وتشغيل الموارد المائية وغيرها من مشاريع الأشغال المدنية.
- مكتب الولايات المتحدة للاستصلاح (USBR): وضع للمساعدة في تسوية المناطق الغربية القاحلة، وقام ببناء السدود والخزانات، يعمل وهو يعمل على تحسين إدارة المياه والحفاظ على المياه.
- المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS): تتمثل مهمتها في تقديم معلومات علمية موثوقة لوصف وفهم الأرض؛ وتقليل الخسائر في الأرواح الناجمة عن الكوارث، وإدارة المياه، والبيولوجية، والطاقة، والموارد المعدنية، وتعزيز وحماية نوعية حياتنا.
- وزارة الزراعة الأمريكية (USDA) ودائرة المحافظة على الموارد الطبيعية (NRCS): مهمتها مساعدة ملاك الأراضي للحفاظ على التربة والمياه والموارد الطبيعية الأخرى.
- وزارة الصحة ودائرة مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها (CDC): تتمثل مهمتها في تعزيز الصحة ونوعية الحياة من خلال منع ومكافحة المرض، والإصابة، والعجز.
- تنوع الوكالات الحكومية - وأحيانا التنافس في المهمات- يضيف تعقيداً إلى تعقيد وبطء التقدم الحاصل في تخفيف بعض قضايا الموارد المائية.
- قضايا المياه الرئيسية في الولايات المتحدة تشمل:
  - كمية المياه: كمية المياه المتاحة.
  - جودة المياه: هل جودة المياه جيدة بما يكفي لاستخدام المعين؟
  - مراقبة الفيضانات: كيف يمكن التحكم بالفيضانات دون الإضرار بالموارد المائية؟
  - الأمن المائي: هل إمدادات مياه البلاد محمية؟
  - الأنواع المهددة بالانقراض: هل هناك ما يكفي من المياه للإنسان والحيوان، وهل هي ذات نوعية جيدة؟
  - الأراضي الرطبة: هل يمكن حماية الأراضي الرطبة. أو استعادتها؟

- الاحترار العالمي: بالتأكيد قضية دولية، ولكن هل الولايات المتحدة تبذل كل ما في وسعها للتعامل مع هذه القضية؟
- الملاحة: كيف يمكننا حماية المياه اللازمة للملاحة في الممرات المائية؟
- الأنواع الغازية: هل يمكن السيطرة على الميكروبات والنباتات أوالحيوانات غير المحلية؟
- قضايا المياه القبلية: هل لدى القبائل حقوق المياه التي يجب حمايتها؟
- حماية أحواض التجميع: ما هي كيفية حماية الأراضي التي تغذي المياه في الأنهار والبحيرات، والأنهار، والمحيطات ومَن عليه القيام بذلك؟
- تعامل الولايات مع بعض قضايا المياه.
- حقوق المياه الجوفية.
- الصراعات حول المياه المشتركة بين الولايات.
- مشاكل مياه الشرب (تندرج تحت سلطة القضاء الاتحادي والولاية).
- المياه الجوفية – صراعات المياه السطحية.
- خصخصة المياه هو اتجاه متزايد في معالجة وتوصيل مصادر المياه البلدية في العديد من البلدان.
- يعتمد نجاح الخصخصة إلى حد كبير على نزاهة الشركات والأشخاص الداعمين لها.

أسئلة للتحليل Questions for analysis

١. هل من الضروري للوكالات الاتحادية المشاركة في قضايا الموارد المائية، وهل هي توفر مزيداً من السيطرة لأفضل نموذج لإدارة المياه؟

أ. سوف تختلف الإجابات.

ب. سوف تختلف الإجابات.

٢. ماهي الصراعات المحتملة لتطور الوكالات الاتحادية المختلفة الموصوفة في هذا الفصل؟ لماذا؟

أ. سوف تختلف الإجابات. ولكن ينبغي أن تشمل الصراع على السلطة، والصراع على الميزانيات (المعتمدة إتحاديا)، والولاية القضائية... إلخ.

٣. من قضايا المياه المختارة الموصوفة في الجزء الثاني من هذا الفصل، أي من القضيتين تعتبران أكثر أهمية؟ لماذا؟

أ. سوف تختلف الإجابات مع الخيارات.

٤. تفكر عدة ولايات جنوبية شرقية في إعادة النظر بقوانين المياه في ضوء زيادة الطلب للزراعة والبلديات والصناعات وحالات الجفاف الأخيرة، ماهي الدروس التي يمكن أن تتعلمها هذه الولايات من الولايات الغربية الأمريكية؟

أ. سوف تختلف الإجابات، ولكن ينبغي أن تشمل القضايا المتعلقة المبدأ الصارم مقابل الحصة والنصيب، ما هو أفضل استخدام للمياه خلال حالة الجفاف؟

٥. هل قوانين المياه من الولايات المتحدة وكندا والدول الأوروبية تصلح كنماذج مفيدة بالنسبة للبلدان النامية؟

أ. سوف تختلف الإجابات، ولكن يجب أن تعكس الدروس المستفادة من هذه الدول في حماية ليس فقط المستخدمين ولكن حماية الموارد أيضاً، هذا مهم بشكل خاص في المناطق دون مياه الشرب النظيفة الكافية والصرف الصحي.

٦. هل خصخصة أنظمة المياه البلدية نموذج عمل ناجح؟

أ. سوف تختلف الإجابات ولكن يجب الدفاع عنه في أي من الاتجاهين مع أمثلة من الفصل.

لمزيد من القراءة **Further Reading**

Gore, Al, 2006, An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It, New York: Rodale Books.

Hardin, Garrett, 1968, "The tragedy of the commons," Science 162, 1243–1248.

References

[1] Hugh Hammond Bennett, 1959, The Hugh Bennett Lectures, Raleigh, N.C.: North Carolina State College

[2] US Geological Survey, http://water.usgs.gov/realtime.html

[3] Natural Resources Conservation Service main website, http://www. nrcs.usda.gov/about/

[4] Me´tis National Council "Environment," http://metisnation.ca/sar/ background.html, March 2009

[5] Missouri Digital News, "On-going drought threatens Missouri River navigation," http://www.mdn.org/2006/STORIES/BARGE2.HTM, March 2007 QUESTIONS FOR ANALYSIS 435

[6] National Academy of Sciences

[7] Native American Rights Fund Legal Review, "Kickapoo Tribe in Kansas Files Lawsuit in Federal Court to End 30-Year Era of Systematic Deprivation of the Tribe's Water Rights," http://www.narf.org/pubs/ nlr/nlr31–2.pdf, March 2007

[8] Memphis Commercial Appeal, "Water fight at MLGW," http://www.commercialappeal.com/mca/local/article, March 2007

[9] Milwaukee Journal Sentinel Online, "10 years ago, Crypto gripped the city," http://www2.jsonline.com/news/metro/apr03/131542.asp, March 2007

[10] Shawn Tully, 2000, "Water, water everywhere," Fortune Magazine, May 15

[11] CBC News, "Water for profit," http://www.cbc.ca/news/features/water/, March 2007

[12] World Water Forum, 2000

[13] Peter H. Gleick et al., 2002, The New Economy of Water: The Risks and Benefits of Globalization and Privatization of Fresh Water, The Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, http://pacinst.org/reports/new_economy.htm

الفصل الرابع عشر

نزاعات المياه، والحلول، ومستقبلنا
Water Conflicts, Solutions, and Our Future

العمل المبارك في مساعدة العالم للتقدم إلى الأمام، لحسن الحظ لا ينتظر أن ينجز من قبل رجال كاملين

جورج إليوت George Eliot (ماري آن إيفانس) Mary Ann Evans روائية إنجليزية (١٨١٩-١٨٨٠) [١]

الخطوط العريضة للفصل Chapter Outline

- المقدمة
- مأساة الموارد العامة
- مياه الشرب المأمونة
- نزاعات المياه السطحية والمياه الجوفية
- استعادة البيئة
- تغير المناخ العالمي
- القيم

المقدمة

Introduction

هذا هو الفصل الختامي للكتاب "فكر في الآتي". كان هدفنا الأساسي لهذا الكتاب التأكيد على الاحتياجات وليس فقط معرفة الحقائق، ولكن أيضا لمعرفة التفاعلات والآثار - وتحليل ما يمكن أن يحدث في ظل مجموعة متنوعة من الظروف التي قد تواجهها في حياتك المهنية، نأمل أن تعد نفسك لإنجاز ما يلي:

١. اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن القضايا البيئية - وخاصة تلك التي تنطوي على المصادر المائية.

٢. فهم أساسيات العلوم والنظم البيئية التي تنطوي على المصادر المائية.

٣. معرفة أن فهم كيفية عمل النظام يجعل من السهل اتخاذ القرارات السليمة.

٤. إدراك أن بعض القرارات صعبة جدا للإصلاح، بعد اتخاذها وتنفيذها.

٥. معرفة كيف تتفاعل المصادر المائية المختلفة داخل النظم البيئية المختلفة، وتكون قادرا على التنبؤ بالتغيرات في مكان ما تنتج تغيرات في مكان آخر.

٦. فهم أن النظم البيئية لا تدار مجزأة دون عواقب غير مقصودة، فإنه قد يساعد على تذكر قانون مورفي - "أي شيء يمكن أن يسبب خطأ فسوف يسبب خطأ".

٧. فهم الاستخدامات المتنافسة للمياه وعواقب كل منها.

٨. فهم أن اتخاذ القرارات ليست سهلة أبداً عندما يفكر الناس بالربح، والسياسة، والبيئة، والموارد المائية.

٩. كن على استعداد، كما قال هنري ديفيد ثورو، "لا تكون بسيط جدا، ولكن كن متأهباً لحدوث شيء".

الماء هو الشرط الأساسي للحياة، وحتى الآن هو أمر حيوي للأنشطة الاقتصادية للمجتمعات، والمناطق، والامم. الحصول على المياه العذبة النظيفة والكافية هو حق أساسي من حقوق الإنسان، ويجب عدم حرمان أي إنسان. ومع ذلك، تأتي المياه النظيفة بتكاليف منها الاقتصادية والبيئية على حد سواء. هذا يقودنا إلى السؤال: هل الماء قضية اجتماعية، أم قضية اقتصادية، أو أن الأمرين كليهما صحيح؟ وبدلا من ذلك، هل يمكن أن يكون الماء سلعة؟ هل يسمح للأفراد والشركات الخاصة الاستفادة من تنمية الموارد المائية، أو هل الحكومة تسيطر وتنظم جميع استخدامات المياه لتحقيق أقصى فائدة للمجتمع والبيئة؟

الإمدادات الكافية من المياه هي عنصر أساسي للنشاط الاقتصادي، سواء بشكل مباشر، أو غير مباشر. ولذلك، فالمياه في كثير من الحالات هي سلعة اقتصادية، أو مجرد سلعة، وطورت واستخدمت لتحقيق مكاسب اقتصادية. هل أدت جهود خصخصة المياه إلى الحد الأقصى للتحسن الاجتماعي والحماية البيئية؟ هل سيطرة الحكومة على إمدادات المياه المحلية والإقليمية تعطي أفضل الفوائد؟ ماهي الحوافز المتوقعة للأفراد أو الشركات للتخلي عن الربح من أجل تحقيق أقصى قدر من المنافع الاجتماعية من دون قواعد أو لوائح؟

والجانب الثاني وصف من الماء كسلعة اقتصادية هو تأثيره على البيئة، فالماء هو مصدر النظام البيئي، الذي إذا وجد بكميات كافية يمكن الاعتماد عليه، في الحفاظ على صحة النظام البيئي، إذا لا يمكن للإنسان أن يعمل بدون ماء، ولا المصانع، والمكاتب، والزراعة، أو النظم البيئية. ما هي التكاليف لاستخدامات الإنسان البيئية

المفروضة عليها؟ ما هي القيمة الحقيقية لتلك الاستخدامات؟ يؤدى تحويل المياه من الأنهار وطبقات المياه الجوفية في كثير من الأحيان إلى ضرر بالنظم البيئية والحياة البرية، ويمكن أن تبقى أنظمتنا الطبيعية بصورة جيدة فقط لو تمت حمايتها بشكل كافٍ من زيادة في استخراج الموارد إلى فشل في إعادة الإمدادات المناسبة وجودة المياه إلى النظام البيئي الذي سوف يتدهور وفي النهاية يدمر العديد من الأنظمة الطبيعية.

الماء هو مصدر غريب، على عكس المعادن، والأخشاب، أو غيرها من الموارد الطبيعية التي يستخدمها البشر، فالماء متحرك، ويتدفق في مجرى الأنهار ويحجز في الأراضي الرطبة والمخازن الطبيعية الأخرى، ويعبر حدود الولاية، والمقاطعات، والحدود الدولية، فوق وتحت الأرض. استخدام المياه يمنع الآخرين من استخدام الموارد في تلك اللحظة من الزمن، ويمكن أن يؤدي إلى قلة المياه للآخرين بسبب الاستهلاك، والتبخر، أو النتح. إمدادات المياه العذبة هي مورد محدود، والنمو السكاني العالمي سيجعل في زيادة الطلب والتنافس الشديد على الماء في جميع أنحاء العالم أمراً مستمراً.

مأساة الموارد العامة Tragedy of the commons

مفهوم "مأساة المشاع" هو مفهوم بسيط من ناحية، ومعقد بدرجة كبيرة من ناحية أخرى لتوضيح وفهم تدهور بيئتنا، في عام ١٩٦٨، أستاذ علم الأحياء غاريت هاردن Garrett Hardin كتب مقالاً لمجلة العلوم تحت عنوان "مأساة المشاعات" [٢]. جادل البروفيسور هاردن أن الأفراد يركزون على المكاسب الشخصية عند التعامل مع الموارد "المشتركة" (التي لا يملكها أي شخص، ولذلك، تعود ملكيتها للجميع). الاستخدام المشترك لا يكافئ على الترشيد، أو الاستخدام الأخلاقي، لأن الشخص الذي يعطي أو لا يأخذ حصته من الموارد. عموماً هذه الحصة تذهب لشخص آخر. معدل التدهور في الموارد المشتركة يتم تحديده من النمو السكاني كلما زاد عدد السكان. كثر استخدام الموارد وليس بالضرورة ببساطة نتيجة لجشع الإنسان.

أمثلة على "الموارد المشاعة" هي الهواء الذي نتنفسه والأسماك في المحيطات. الهواء متاح للجميع للاستخدام، ولكن يؤدي الاستخدام دون قيود إلى تلوث الهواء. في ١٦٢٥، قال العالم الهولندي هوغو غروتيوس Hugo Grotius (١٥٨٣-١٦٤٥)، "مدى المحيط في الواقع كبير بحيث يكفي لأي استخدام ممكن استخدام من جانب جميع الشعوب لسحب المياه، والصيد، والإبحار "، ولكن زيادة الطلب إضطر الحكومات إلى فرض قيود على الصيد للحد من حرية استخدام هذه المشاعات العالمية.

ذكر غاريت هاردن Garrett Hardin في عام ١٩٩٨ ما يلي: "تعززت الفردية لأنها نتاج الحرية، ولكن الهدية مشروطة: الزيادة في عدد السكان تجاوز سعة تحمل البيئة، لا بد من التخلي من مزيد من الحريات [٣] ".

نحن جميعا نعتز بالحرية الفردية والمكاسب الاقتصادية، ولكن الاستخدام غير المحدود من الموارد المشتركة يؤدي إلى زيادة المنافسة والاستخدام، حرية الاستخدام هذه غالبا ما تؤدي إلى مأساة للموارد العامة، أو تدمير الموارد، الحرية الفردية لاستخدام الموارد المشتركة مع عدم وجود قيود للاستخدام - لن يؤدي نحو فائدة كبيرة للصالح العام، حرية استخدام الموارد العامة أو المشتركات يدمرها.

تؤدي الحكومة دورا حيويا في حماية الموارد العامة، إذا لاحظ الفرد أن جاره لا يتخلى عن جزء من حصته من الامتيازات في الموارد العامة، فإن هذا الفرد لن يعطي أي جزء من حصته أيضا، خصخصة الممتلكات، وسن قوانين الملكية، قد نجح في إنشاء وتنفيذ هذا التبادل القصري الضروري (من خلال الغرامات، أو السجن). الحقل المملوك للقطاع الخاص، فالمالك يسيطر على استخدامه دون الجمهور العام وبالتالي الحفاظ عليه من الإفراط، على الأقل من الناحية النظرية، الملكية الخاصة للممتلكات، وقوانين الموارد الطبيعية، يمكن أن تساعد على حماية المورد من الإفراط، أو عدم الإفراط.

مياه الشرب المأمونة **Safe drinking water**

في عام ٢٠٠٧، أعلنت الأمم المتحدة شعار يوم المياه العالمي "مواجهة ندرة المياه". صرح الأمين العام للأمم المتحدة بان كي مون Ban Ki-Moon من جمهورية كوريا أن ٧٠٠ مليون شخص في ٤٣ بلداً يعانون من ندرة المياه، وبحلول عام ٢٠٢٥، فإن هذا الرقم قد يصل إلى ٣ بلايين شخص.

الحق في المياه هو حق أساسي من حقوق الإنسان، ولكن الحق في التنظيف، وإمدادات المياه الكافية، في منازل جميع البشر، هذا الحق بعيد كل البعد عن التحقيق. ناقشنا سابقاً في هذا الكتاب الشروط القاسية التي يعاني منها العديد من الذين يعيشون في الفقر، حيث يجب على بعض النساء والفتيات المشي عدة كيلومترات (أميال) لملء أباريق الماء للاستخدام في المنزل، وفي كثير من الأحيان، هذه المياه ملوثة، مما يتسبب بالأمراض المعوية وغيرها. الأمراض تستوجب تقديم الرعاية الأسرية للنساء والفتيات، ويتدهور التعليم إذا تركت المدارس الفتيات لرعاية المرضى، أو للوقوف في

> انظر في موقع الأمم المتحدة، الماء من أجل الحياة، **http://www.un.org/works/water/index.html** ، للانضمام إلى موقع الماء من أجل الحياة بلوق **Blog.** وبالإضافة إلى ذلك، فمحطة **MTV** قد تعاونت مع الأمم المتحدة بشأن عمل المياه من أجل الحياة. يكمن النظر إلى موقع محطة **MTV**، الماء للحياة **www.mtv.com/thinkmtv/features/global/water_for_life/**، لأشرطة الفيديو الإلكتروني وغيرها من المعلومات. مواقع أخرى إخبارية رئيسية تناقش قضية المياه ونقاط انطلاق ممتازة لجمع المعلومات. تذكر أن الاخبار في الجرائد، وعلى شاشة التلفزيون، وعلى شبكة الإنترنت، أو الراديو، لا يجعلها حقيقة. "ثق ولكن تحقق" هي قاعدة جيدة للمتابعة.

طابور الانتظار لملء وعاء من الماء، عملية إنسانية لا مفر منها، مما يؤدي إلى مأساة الموارد العامة، وإلى الإفراط وتلويث إمدادات المياه المحدودة جدا في العديد من المواقع على الأرض. لا ننسى بأن البشر يعدُّون مورداً أيضاً، وعندما لا يتعلم الناس، ذلك المورد (فرصهم للمساهمة في المجتمع) يتم تصغيره، وهذه أيضاً مأساة.

جربت خصخصة موارد المياه في أجزاء كثيرة من العالم لتلبية الحاجة المتزايدة للمياه الصالحة للشرب، ومع ذلك، فغالباً ما تجد الفقراء لا يستطيعون تحمل الخدمات المقدمة، ويضطرون إلى صرف أكثر مما يتحملون من دخولهم المحدودة على إمدادات المياه اليومية. يمكن لمقدمي المياه الخاصة اختيار نظم تطوير للأحياء الغنية في المناطق الحضرية، وغالبا ما تترك الأحياء الفقيرة إلى أي إمدادات كانت في بعض الأحيان ملوثة، أو من مسافات كبيرة تقع في بعض الأحيان بعيدة جدا من منازلهم، وأحياناً للسببين.

تطور وتوفر المنظمات الدينية، والصحية، وغيرها من منظمات الإغاثة غير الهادفة للربح أنظمة تصفية المياه منخفضة التكلفة للأسر الفقيرة وتمدها بإمدادات مياه شرب أكثر أمانا. المجموعة المسيحية المتحدة في منطقة ميتشيغان وفرقة عمل هايتي، على سبيل المثال، تقوما ببناء أنظمة تصفية مياه الشرب منخفضة التكاليف جدا من الخرسانة والرمل الحيوي للحد من المرض وجعل مياه الشرب متاحة بشكل أفضل [٤]. معالجة المياه هي حق من حقوق الإنسان، وبدلاً من أن تكون سلعة، فلتكن لمساعدة أولئك الذين يعيشون في الفقر، ومع ذلك، إذا كان البرنامج ليس مولاً بشكل كافٍ عن طريق التبرع بالوقت والمال، فسوف يتعثر وينتهي.

نزاعات المياه السطحية والجوفية Surface and groundwater conflicts

تجف الجداول المائية في أجزاء كثيرة من الولايات المتحدة وغيرها من المناطق في جميع أنحاء العالم. في بعض الحالات، تتسارع حالات الجفاف هذه، ومع ذلك، سحب المياه الجوفية واستخدامها في كثير من الأحيان يساهم بهذه المشكلة. بدأت العديد من المناطق في الحد من استخدام المياه الجوفية الضحلة عن طريق فرض قيود جديدة على ضخ المياه للحفاظ على تدفقات المياه السطحية في الجداول المائية المجاورة. تعاني ولايات كولورادو، وجورجيا، وايداهو، وكانساس، ونبراسكا، ونيومكسيكو، وايومنغ، ومناطق أخرى في العالم من نقص المياه السطحية، ووضعت أو تفكر في وضع قيود لضخ المياه الجوفية. هذه القضية من شأنها أن تستمر في إثارة الجدل من الناحية الاقتصادية لسنوات عديدة قادمة.

فإنه ليس من الواضح على الإطلاق بأن تكون هناك حاجة إلى قيود على ضخ المياه في المناطق التي لديها أكثر من ١٢٥ سم (٥٠ بوصة) من الأمطار سنويا، ومع ذلك، تواجه أجزاء من جنوب شرق الولايات المتحدة هذه المشكلة لأنه لا يتم في بعض الأحيان تجديد إمدادات المياه الجوفية أو إعادة التغذية بمعدل الضخ منها نفسه، مما يتسبب في استنزاف طبقة المياه الجوفية التي تؤدي إلى فقدان التدفق الأساسي للنهر وجميع أضرار النظام البيئي التي تترتب على ذلك. بالنسبة للنهر ليس مهماً عمق طبقة المياه الجوفية، بل المهم هو موقع قاع النهر، وعلاقته بمستوى المياه الجوفية، التي تحدد تأثير ذلك على التدفق الأساسي للنهر. يتعرض مستخدمو المياه في ولايات اركنسو ولويزيانا وميسيسيبي، والعديد من المواقع الأخرى في جميع أنحاء العالم لهذه المشكلة.

اعتبر مثالاً سابقاً من الكتاب بأن إغلاق آبار المياه في ولاية كولورادو في عام ٢٠٠٦ هو من أحد الحلول لحماية المستخدمين للمياه، الولايات الأخرى. تفكَّرْ في طرق لحماية الاحتياجات الاقتصادية لمستخدمي المياه السطحية مع الحفاظ على بعض استخدام المياه الجوفية، هل يجب النظر إلى السلعة التي توفر فوائد اقتصادية أكبر – المياه السطحية أو المياه الجوفية؟ سوف يناقش هذا سؤال في السنوات المقبلة، وسوف يكون أكثر صعوبة من قبل قانون الولاية، وقضايا جودة المياه، وحماية البيئة.

تذكرنا مأساة الموارد العامة بأن استخدام الموارد غير المحدودة سوف يؤدي إلى الإفراط والدمار. أدى الافراط في تنمية مصادر المياه الجوفية الضحلة إلى تنامي الصراع اليوم بين مستخدمي المياه السطحية والجوفية، وتتدخل الحكومة لحل المشكلة عن طريق إغلاق الآبار – وهي العملية التي تؤدي إلى الخراب الاقتصادي بالنسبة للبعض، ولكن حماية الموارد للاستخدام من قبل الآخرين. هذه النزاعات، مع ذلك، غالبا لا تأخذ في الاعتبار النظام البيئي ولكن ما يحركها هو البعد الاقتصادي، وللأسف، يؤدي النزاع على المياه في أجزاء أخرى من العالم، في كثير من الأحيان، إلى مواجهات مميتة.

مقالة بقلم كاث وستن Guest Essay by Kath Weston

الأستاذة كاث ويستون (الشكل ١ ,١٤) تدرس في جامعة فرجينيا بكليات علم الإنسان والدراسات النسائية ونوع الجنس، وقد عرضت أيضا دورات عن القضايا البيئية في جامعة هارفارد وجامعة طوكيو، تشمل مجالات تخصصها: السياسة، المياه، البيئة السياسية، نوع الجنس والحياة الجنسية، الاقتصاد السياسي، علم الإنسان التاريخي، القرابة، المراقبة، ومقرر العلاقات. هي مؤلفة عدد من المطبوعات، بما في ذلك نوع الجنس في الوقت الحقيقي والعائلة، ونحن نختار كتابها الأخير هو السفر الخفيف: على الطريق مع فقراء أمريكا (Beacon, 2008).



شكل ١٤,١. الاستاذة الدكتورة كاث وستن Kath Weston

المياه والحرب Water and war

حروب المياه أمر متعارف عليه في كل من يتبع سياسة المياه، المنبع مقابل المصب، والمدينة الصحراوية مقابل المدينة الساحلية، وأنظمة التوزيع التي تديرها الشركات مقابل نظم التوزيع التي تديرها الولاية، وحقوق المياه للقدماء مقابل حقوق المياه للجدد، والاستدامة مقابل الربحية: حيث يضغط تغير المناخ ونمو الاقتصاد على الموارد المتاحة، ويبدو أن الصراعات تتكاثر، ومع ذلك، هناك أيضا نوع آخر من الصراع، حرب أكثر تقليدية حيث توضحها الأرقام بشكل بارز، الملايين من الناس في مناطق القتال في العالم مدينون بحياتهم - أو مماتهم - إلى اتخاذ قرارات حول كيفية تأمين المياه في الظروف العسكرية إلى حد كبير.

لتوضيح أهمية الأخذ في الاعتبار العلاقة بين الحرب، والمياه، والعسكرة، دعونا ننظر بإيجاز في ثلاث حالات، الحالة الأولى من سريلانكا، حيث دفعت الحرب المستمرة إلى إعادة تموضع الآبار، مع تأثيرات اقتصادية كبيرة على الأسرة، والعلاقات بين الجنسين، والسلوك الاجتماعي، والثانية تأتي من دارفور في السودان، حيث مكّن

مهندسو الأمم المتحدة من موازنة القرارات بشأن قدرتها على توفير الماء لقوات حفظ السلام مع احتياجات السكان اللاجئين، وتتعلق الحالة النهائية بجزر أندامان، التي تحكمها حاليا الهند، حيث يستكشف السكان المحليين طرق مبتكرة لإعادة تأهيل هياكل حصاد المياه التي تركت من قبل الجيش المحتل.

وقد اخترت هذه الحالات الثلاث من بين العديد من الحالات المحتملة لأنها حالات تمثل جزءاً من المواضيع التي لدى إدارة المياه، مثل توزيع المياه، والخصخصة، وإحياء التقنيات التي كان يعتقد بأنها من التاريخ أو الماضي، الوصول إلى المياه أثناء وبعد الصراع العسكري هو، بطبيعة الحال، حاسمة للبقاء، وفي الوقت نفسه، الفهم الأفضل للعلاقة بين المياه والحرب من جانب العلماء، ومديري المياه، والمنظمات غير الحكومية (NGOs)، والمهندسين، والناشطين القادرين على الابلاغ، والزعزعة، وإعادة صياغة المناقشات المعاصرة حول السياسة المائية و الآثار البيئية للاقتتال المسلح.

سريلانكا Sri Lanka

سريلانكا هي دولة جزرية تنقسم إلى مناطق رطبة وجافة، ومع هطول الأمطار السنوي الذي يتراوح بين ١٠٠ إلى ٥٠٠ سم (٤٠ إلى ٢٠٠ بوصة) حسب المنطقة، تسربت كارثة تسونامي عام ٢٠٠٤ إلى المياه الجوفية في المناطق الساحلية ولوثت آبار مياه الشرب بمياه مالحة [٥]. تدمير غابات المنغروف باسم التنمية فاقم المشاكل التي تواجه المهندسين الذين يشاركوا في أعمال تنقية مصادر المياه الصعبة، وقبل وقت طويل من كارثة تسونامي، ظهرت قضية الأمن المائي بالفعل كقضية في مناطق البلاد الأكثر تأثرا بسبب الحرب [٦]. عقود الحكومة السريلانكية، وجبهة نمور تحرير تاميل إيلام (LTTE)، والجماعات شبه العسكرية انغصموا في حرب طويلة تنسعر مرة وتتوقف أخرى مما هددت إمدادات المياه بطريقة متعمدة واسعة النطاق.

يعود ذلك إلى عام ١٩٨٦ في بيرفولي في مقاطعة ترينكومالي، حيث قامت الحكومة السريلانكية العسكرية و"حراس الوطن" بمهاجمة مخيم للاجئين ملقيةً الجثامين في الآبار المحلية، مما جعل المياه غير صالحة للشرب. في عام ٢٠٠٤، اندلع الجدل بالقرب من مدينة باتيكالوا عندما حاولت الاستفادة من الينابيع الجوفية على أراضي الدولة المحجوزة، إلا أن العملية توقفت من قبل السكان الذين هددوا بتسميم الآبار إذا حاولت الدولة طردهم، ووفقاً لرئيس مهندسي المياه لباتيكالوا، ادعى السكان أن القوات شبه العسكرية قد باعتهم الأرض تحت ظروف الحرب بين عامي ١٩٩٠ و ١٩٩٤. في عام ٢٠٠٥، نشرت الحكومة السريلانكية قوات لحراسة مصادر مياه الشرب في معسكر فافونيا للجيش بعد تلقي تقارير تزعم أن LTTE حاولوا تسميم المياه المستخدمة من قبل قوات

الأمن، قرب جافنا في الشمال. انتشرت الشائعات بشكل دوري عن تسميم آبار القرية من الجانبين في القتال، كما تم استخدام الآبار المهجورة كأماكن لاختباء الشباب أملاً في تجنب التجنيد من قبل نمور التاميل.

بعض هذه الحوادث تم توثيقها بشكل أفضل عن غيرها، ولكن حتى التهديدات والشائعات يمكن أن يكون لها آثار عميقة عندما تؤخذ على محمل الجد. في الشمال، دفعت تقارير تسمم الآبار الناس لإعادة تموضع الآبار من المشاع في القرية إلى داخل المنزل. هذا التحول يمثل نوعا من الخصخصة ونادراً ما ورد في المسح العلمي عن السياسة المائية، إلا أن آثارا عديدة على حياة المجتمع يمكن أن تكون كبيرة. في هذه المجتمعات، النساء والأطفال لم تعد اجتماعاتهما لتبادل المعلومات، والقصص، والتجارة، وإقامة العلاقات. عندما يذهبون يومياً لجلب الماء من مصدر المياه المشاع، تتعرض مواقع الآبار إلى الآثار المحتملة بعيدة المدى من القرارات التي تظهر في زمن الحرب وليس قرارات ناتجة من عمليات السوق، أو سياسية، ولكن من الإستراتيجيات التي بدأت على مستوى الأسرة. إن ما تم عمله في البداية للحرص على البقاء على قيد الحياة اليومية قد يؤثر في نهاية المطاف على العلاقات الاجتماعية لسنوات قادمة.

دارفور Darfur

إستخدم تسمم المياه أيضاً كتكنيك عسكري في صراع الإبادة الجماعية في دارفور، في هذا المشهد الصحراوي، ألقى كل من الجيش السوداني وميليشيا الجنجويد الجثامين الميتة في الآبار من أجل جعل القرى المستقرة غير صالحة للسكن، كما تم استهداف مديري المياه في هذا الصراع، وأدى استهداف وقتل واختطاف المهندسين الهيدروليكيين في غرب دارفور في عام ٢٠٠٦ إلى تعليق مؤقت لإمدادات المياه والصرف الصحي للعديد في مخيمات اللاجئين، حتى بدون هذا التعليق، فالمياه شحيحة بحيث إن الحصة التموينية للعديد من المخيمات تصل إلى أقل من ٥ لترات فقط في اليوم لجميع الاحتياجات – الطبخ، والشرب، والغسيل - في منطقة تصل درجة الحرارة إلى ٥٠ درجة مئوية بشكل روتيني [٧].

كما هو الحال في سريلانكا، تصاعد المواجهات العسكرية في دارفور أثر على وظائف عمل الأسرة، فتأمين المياه مناط بالمرأة في العديد من المجتمعات، ولكن أصبحت المناطق الريفية غير آمنة بصورة متزايدة، وبدأ الرجال في نقل المياه، في مخيمات اللاجئين حيث بنت المنظمات غير الحكومية (NGOs) خطوط الأنابيب. في كثير من الأحيان استأنفت المرأة مهمة إمدادات المياه، والوقوف في صف الانتظار لمدة تصل إلى ست ساعات لأخذ الحصص المائية، في بعض الحالات، فترات الانتظار كانت أطول مما كانت تقوم به المرأة بالمشي لمياه النهر في

بلداتهم، ولكن الآبار المركزية، وخطوط الأنابيب بالإضافة إلى فترات الانتظار الطويلة لخلق فرصة لبناء العلاقات في العالم المرتبك بهذه المخيمات.

بحلول عام ٢٠٠٤، شرَّد الصراع في دارفور ما يقرب من ١,٥ مليون شخص [٨]. قبل أن يتم تأسيس مخيمات اللاجئين الجديدة لتخفيف الاكتظاظ والحد من انتشار الأمراض المنقولة عن طريق المياه، يجب تحديد مصادر المياه. قد يخل تجميع الكثير من الناس في المخيمات بالتوازن البيئي والهيدرولوجي بالمنطقة الهشة. استخدم العلماء رادارات الأقمار الصناعية لتحديد المواقع الواعدة لحفر الآبار وقامت المنظمات غير الحكومية (NGOs) بتمويل الآبار الجديدة ، ولكن إمدادات المياه لا يمكن أن تتواكب مع حجم الأزمة. عندما اضطرت الأمم المتحدة الذين إلى اتخاذ قرارات إرسال قوات لحفظ السلام، وقعوا في ورطة [٩]. بشأن المهندسين المرتبطين بقوة الأمم المتحدة الذين حفروا آباراً بنجاح للمياه، ولكن كيف سيتعاملون مع الضغوط لمشاركة اللاجئين والسكان المحليين العطشى؟ هذا النوع من السياسة المائية يؤثر تأثيراً جوهرياً على احتمالات إنهاء الحرب.

جزر أندامان Andaman Islands

عندما يتعلق الأمر بالمياه، فليس كل ما بعد الحرب قاتماً جداً، بعد ما غزت اليابان جزر أندامان خلال الحرب العالمية الثانية، حفر الجيش الياباني ١٩١ بئراً لتزويد قواته بالماء، وعندما انسحبت اليابان من جزر أندامان خلال مراحله الأخيرة من الحرب، تركوا خلفهم هذه الآبار مع مهبط للطائرات، والمخابئ، وغيرها من الأبنية المصممة لخدمة الجيش.

لأن هذه الجزر تقع في خليج البنغال فهي تتعرض للرياح الموسمية مرتين في السنة، وقد اعتمد السكان على مياه الأمطار لتلبية معظم احتياجات الأرخبيل من مياه الشرب، وبالإضافة إلى عدم انتظام هطول الأمطار وصغر حجم الخزان الذي ينقل إمدادات المياه إلى العاصمة بورت بلير Port Blair باستمرار. وبحلول عام ٢٠٠٧ أصبحت إمدادات المياه تصل إلى المنازل مرة واحدة فقط كل ثلاثة أيام. وفي محاولة لزيادة المياه التي توفرها المدينة، بدأ السكان والسلطات استعادة الآبار اليابانية القديمة، التي كانت قد وصلت إلى حالة سيئة [١٠].

حالة أندامان تثبت بأنها أكثر إثارة للاهتمام إذا اعتبرت في ضوء العمل الأخير على ما يمكن أن يسمى النهضة التقنية Technological revivalism. النهضة التقنية تسعى إلى مزج التقنيات التاريخية التي غالبا ما تكون أكثر ملاءمة للبيئة مع المواد المعاصرة والظروف المتغيرة. تاريخياً هذه التقنيات غالبا ما ارتبطت مع الحروب وانتشار

الإمبراطورية. في سوريا، على سبيل المثال، قام السكان بإزالة التراكمات، والتنظيف، وتغطية أنفاق المياه التي بناها الرومان بالأسمنت الحديث للحفاظ على قراهم، وفي الهند، أُعيد تأهيل الصهاريج التي أمرت الحكومة الاستعمارية سابقا بإغلاقها خوفاً من اختباء "الإرهابيين" (أي المعارضين للحكم البريطاني) فيها. حصاد المياه، والتبريد، وأنظمة إعادة التدوير التي تغذي الحدائق الإمبراطورية المغولية كان درساً تعلّمه المهندسون المهندسون المعماريون من إلهام التصاميم المعاصرة إلهام التصاميم المعاصرة [١١]. العواقب البيئية طويلة الأجل للحروب ليست محدودة ولها آثار مدمرة مثل إزالة الغابات، أو التلوث الكيميائي، ومع الإبداع والتحفيز، يمكن يوما ما لأبشع الصراعات أن تزول.

التأهيل البيئي Environmental restoration

تتم الآن محاولة إصلاح البيئة في عدة مواقع في جميع أنحاء العالم لتجنب تدمير الموارد العامة، فقد أعلن رئيس الوزراء الأسترالي جون هاوارد John Howard في عام ٢٠٠٧ أن صندوق الحكومة الأسترالية للمياه سوف يستخدم لتوفير ٢٢٠ مليون دولار أسترالي لتحسين أحواض التجميع في الكومنولث، والمكون المهم في الخطة هو تعويضات حقوق المياه (مع صرف التعويضات) لزيادة تدفق المياه البيئية في الأنهار والجداول. في ولاية كاليفورنيا، المياه من وادي نهر أوينز Owens كانت سابقاً تستخدم لتوفير مياه الشرب لمنطقة محيط مدينة لوس أنجلوس- وإعادته إلى حوضه من أجل المساعدة في استعادة النظم البيئية المحلية.

إزالة السد هو علامة أخرى على الجهود الرامية إلى إعادة الجداول المائية للظروف التي هي أكثر طبيعية، والجهود المبذولة في ولايات ويسكونسن، ومين، وكاليفورنيا هي دليل على القلق المتزايد لحماية الموارد العامة. عموما، ومع ذلك، فلن تكون إزالة السد ناجحة إلا إذا كان أصحاب السد الحاليون لا يتلقون منافع اقتصادية من البناء، أو أُمِروا بإجراء بعض الإصلاحات التي تتجاوز الفوائد الاقتصادية. للأسف، عادة ما تكون الدعاوى القضائية مطلوبة لإجبار مالكي ومشغلي أنظمة المياه لإعادة تقييم استخدامات المياه الحالية والفرصة لإعادة بعض إمدادات برامج استعادة البيئة.

تغير المناخ العالمي Global climate change

تذوب الأنهار الجليدية في بيرو، والنهر الجليدي The Cordillera de Vilcanota (Quelccaya Ice Cap)، على سبيل المثال، كان المصدر التقليدي للمياه لسكان العاصمة ليما، بيرو، وهو من أكبر الأنهار الجليدية في جبال الأنديز

في بيرو، ومع ذلك، فإن جبال الألب في أوروبا بها الأنهار الجليدية أيضاً التي تقلصت إلى نصف حجمها، بينما في أفريقيا النهر الجليدي على جبل كينيا قد تقلص بنسبة ٤٠٪ منذ عام ١٩٦٣.

تم التوقيع على بروتوكول كيوتو في كيوتو، اليابان، من أكثر من ١٠٠ حكومة في جميع أنحاء العالم الذين للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مجتمعين بنسبة ٥٪ بحلول عام ٢٠١٢م. حكومة الولايات المتحدة لم توقع على المعاهدة، على الرغم من أن العديد من الحكومات المحلية وحكومات الولايات أعربت رسميا التأييد لها. قامت وكالة USEPA بإنشاء مجموعة عمل برنامج المياه وتغير المناخ لتحسين فهم تغير المناخ على الموارد المائية في الولايات المتحدة، هل مأساة الموارد العامة جزء من تغير المناخ العالمي؟

إذا كانت لك اهتمامات بهذا الموضوع، يمكن كقراءة كتاب نائب الرئيس الاميركي السابق آل جور Al Gore بعنوان، حقيقة مزعجةAn Inconvenient Truth ، أو استئجار الأسطوانة الممغنطة له [١٢]. بغض النظر عن رأيك في ظاهرة الاحتباس الحراري، وشخص نائب الرئيس، أو سياسته، فهذا الكتاب يحفز الفكر والنقاش في التغير المناخي، هناك بعض من العلماء يعترضون على ما توصل إليه آل جور في كتابه [١٣]. هذا جزء من قيمة الجدل والاختلاف في الرأي التي تجعلنا نفكر بشكل نقدي.

القيم Values

غالبا ما يعبر الناس عن مشاعرهم عند مناقشة قضايا المياه، والحاجة إلى حماية "قيمهم" الشخصية، بالنسبة للبعض، الاستفادة القصوى هي الحد الأقصى الجيد نفسه لقيم المياه، ومع ذلك، فإن استخدام الحد الأقصى لموارد المياه لا يعني دائما أن الحد الأقصى جيد، بدلا من ذلك، قد يكون من المفضل الاستخدام الأمثل، ولكن بالتأكيد هو أقل من الاستخدام الأقصى المحتمل، كل فرد خارج المكاسب الشخصية لا يفكر بالضرورة في الصالح العام، وبالإضافة إلى ذلك، النية الشخصية لا تؤدي بالضرورة نحو المصلحة الجيدة الأعظم، إنه يؤدي بشكل عام إلى زيادة استخدام المشاع العام، الأمر الذي يؤدي إلى مأساة الموارد العامة، وهناك حاجة إلى تغيير في القيم لتغيير النموذج الحالي من الاستفادة القصوى من الموارد المائية لتلبية احتياجات الإنسان فقط.

في كثير من الأحيان يعدُّ استخدام إمدادات المياه العذبة وحمايتها، وتطويرها سبباً للاستقطاب في وجهات النظر، وقد تتأثر القيم الاجتماعية تجاه حماية النظام البيئية بشدة من جراء القيم الاقتصادية المفروضة على تنمية الموارد، وهو نوع من الاطار الذي يمكن أن ينشأ لإيجاد أرضية مشتركة، ما بين الكل أو لا شيء، أو بين

الكبير والصغير. في عام ١٩٩٢، أقر مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (UNCED) في اجتماعه بمدينة ريو دي جانيرو الاحتياجات المتعددة للمياه كسلعة اقتصادية: "تقوم الإدارة المتكاملة لموارد المياه على إدراك أن موضوع المياه يعتبر جزءاً لا يتجزأ من النظام البيئي، والموارد الطبيعية، وأثره على الوضع الاجتماعي والاقتصادي الجيد [١٤]".

تدفع القيم الشخصية بالأنشطة المستقبلية سواء كانت تستند إلى الاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية، أو البيئية، استخدام المياه في المستقبل وحماية الموارد المائية والبيئة في حالة حرجة في جميع أنحاء العالم، كيف تساهم في الحلول اللازمة - سواء كبيرة أو صغيرة - للحفاظ على بيئتنا في الوقت الذي توفر فيه المياه بصور آمنة، والإمدادات الكافية للناس في جميع أنحاء العالم؟ يجب أن نوازن بين جهودنا - لحماية حق الإنسان الأساسي في المياه - وفي تلبية الاحتياجات الاقتصادية، والاجتماعية في عالمنا. حقاً إنه تحدٍّ شاق ومثير حتى الآن ينتظر كل واحد منا.

لمزيد من القراءة Further reading

Gore, Al, 2006, An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do about It, New York: Rodale Books.

Hardin, Garrett, 1968, “The tragedy of the commons,” Science 162, 1243–1248.

المراجع

References

[1] George Eliot, 1858, Scenes from Clerical Life, Edinburgh: William Blackwood

[2] Garrett Hardin, 1968, "The tragedy of the commons," Science 162, 1243–1248

[3] Garrett Hardin, 1998, "Extensions of The tragedy of the commons," Science, 280, 682

[4] The United Methodist Church, "Michigan group works for clean drinking water in Haiti," http://www.umc.org/site/apps/nl/content3. asp?c¼lwL4KnN1LtH&b¼2429867&ct¼3708797, March 2007

[5] CBC News, 2006, "Wells in Sri Lanka still contaminated by tsunami," May 8, http://www.cbc.ca/health/story/2006/05/08/tsunami-wells060508. html, May 2007

[6] Chandrasekara Dissanayake, 2005, "Of stones and health: medical geology in Sri Lanka," Science 309, 883–885

[7] Oxfam Online, 2005, "Water shortages add to daily misery of camp life," February 11, http://www.oxfam.org.uk/what_we_do/where_we_ work/sudan/emergency/watershortage.htm, May 2007

[8] UN News Centre, 2004, "UN agencies find number of Sudanese displaced from Darfur jumps to 1.45 million," September 22, http://www.un.org/apps/news/story.asp? NewsID=12007&Cr=sudan&Cr1=, May 2007

[9] The Economist, 2007, "Call the Blue Helmets: can the UN cope with increasing demands for its soldiers?," January 6, 22–24; Sudan Tribune, 2007, "Darfur relief operationmay collapse because of insecurity – UN," January 17, http://www.sudantribune.com/spip.php?article 19800, May 2007

[10] Sanjib Kumar Roy, 2007, "Dry days: Andaman faces water shortage, turns to World War II wells," Down to Earth: Science and Environment Fortnightly, March 15, 14

[11] Anil Agarwal and Sunita Narain, eds., 1997, Dying Wisdom: Rise, Fall, and Potential of India's Traditional Water Harvesting Systems. New Delhi: Centre for Science and Environment

[12] Al Gore, 2006, An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do about It, New York: Rodale Books

[13] Stefan Lovgren, 2006, Al Gore's Inconvenient Truth Movie: Fact or Hype?, National Geographic News online, http://news.national geographic. com/news/2006/05/060524-global-warming.html, September 2007

[14] United Nations Environment Program, Policy, Institutional, and Regulatory Framework, http://www.unep.or.jp/ietc/publications/ techpublications/techpub-11/3–3–1.asp, March 2007

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي-إنجليزي

أ

الآبار الضحلة	shallow wells
ابتدائي	primary
أبعاد	dimensions
أبقراط كم	Hippocrates sleeve
الاتحاد الدولي	International Union for the
اتفاقية رامسار	Ramsar Convention
اتفاقية نوعية المياه	Water Quality Agreement
الإثراء الغذائي	eutrophication
الاحترار العالمي	global warming
احتشاد	confluence
احتفاظ	retention
الأحداث الجيولوجية	geologic events
إحراق	combustion
الأحمال	loads
الأحياء الفقيرة	slum

الأحيائي	biotic
إحيائية	biome
اختراق	penetration
اختزال	reduction
الاختلافات	variability
الاخدود التآكلي	gully erosion
أخلاقيات استخدامات الحكيمة	wise use ethics
إدارة	management
إدارة	stewardship
إدارة المخلفات	residue management
إدارة ناسا	Administration NASA
الادمصاص	adsorption
أدوات	tools
إدوارد بيرج أ	Birge Edward A
إدوين تشادويك	Chadwick Edwin
الأراضي الرطبة	wetland
الأراضي الرطبة المرجعية	reference wetland
الأراضي الرطبة الناشئة	emergent wetlands
الأراضي الرطبة النهرية	riverine wetlands
الأراضي الصالحة للزراعة	arable land
الاراضي المرتفعة	uplands
الأراضي المستصلحة	polders
الأراضي المنخفضة	lowlands

الارتفاع الهيدرولوكي	hydraulic head
الأرصاد الجوية	meteorology
أرصادي	meteorological
أرض	Earth
أرض	land
أرضي	terrestrial
إزالة	removal
إزالة الغابات	deforestation
ازتيك	Aztec
ازدهار المواد السامة	toxic blooms
إزهار	bloom
إسبانيا	Spain
استجمام	recreation
استخدام الأراضي	land use
الاستخدام الأمثل	optimum use
الاستخدام المفيد	beneficial use
الاستخدام المقصود	intended use
أستراليا	Australia
الأستشعار عن بعد	GIS
استصلاح	reclamation
استعادة	restoration
استعادة النظام	system restoration
استعمال	use

الاستفادة القصوى	maximum use
استقرار	stability
الاستقرار الحيوي	bio-stabilization
الاستنزاف الاقتصادي للـ	economic depletion of
الاستواء	leveling
الأسطح غير المنفذة	impervious surfaces
الأسمدة	fertilizers
أسمدة روث الحيوانات	manures
الإسهال	diarrhea
الأسوار	fences
الأسوار الثلجية	snow fences
أشباه نباتات فيستريا بيسيسيدا	Pfiesteria piscicida
الإشريية القولونية	Escherichia coli
الإشعاع الشمسي	solar radiation
أصحاب المصلحة	stakeholders
إصرار	persistence
الأصوات	sounds
إعادة التخزين	restocking
إعادة تأهيل	rehabilitation
الأعاصير	tornadoes
الاعتبارات الاقتصادية	economic considerations
اعتراض	interception
أعداد الطحالب	algae population

الأعشاب	grasses
أعشاب البرك	cattails
الإعصار	hurricane
آفاق	horizons
أفراس النهر	hippopotami
أفريقيا	Africa
أفضل الممارسات الإدارية	Best Management Practices
أفضل الممارسات الإدارية الهيكلية	structural BMPs
اقسام الموارد الطبيعية	natural resources districts
أقصى البيئي	ecological maximum
أقصى الجودة	maximum good
الأقمار الصناعية تيرا	Terra Satellite
الأقمشة القابلة للتحلل	fabrics biodegradable
الأكاديمية الوطنية للعلوم	National Academy of Sciences
أكسجين	oxygen
الأكسجين المستنفد العضوي	oxygen depleting organics
أكسدة	oxidation
إكسوثرمي متسم بإطلاق الحرارة	exothermic
إكسون فالديز	Exxon Valdez
آل غور	Gore Al
ألاشجار الداعمة	buttressed trees
ألدو ليوبولد	Leopold Aldo
الألوان الغدقة	gley colors

آلية التغذية المرتدة	feedback mechanism
الإمارات العربية المتحدة	United Arab Emirates UAE
الإمبراطورية المغولية	Mongol Empire
إمدادات المياه	water supply
الأمراض المنقولة عن طريق المياه	water-borne disease
أمريكا الجنوبية	South America
إمكانية الجاذبية	gravitational potential
الأمم المتحدة	United Nations
أمن	security
آمن	safe
أمواج	waves
الأمونيوم	ammonium
الأنابيب	piping
أناسازي	Anasazi
الانبعاثات	emissions
إنتاج	production
إنتاجية	productivity
الإنتاجية الثانوية	secondary productivity
الانتشار	diffusion
الانتقاء الطبيعي	natural selection
انتقال	transition
انتقال المرتفعات	upland transition
أنتوني فان ليوينهويك	Anthony van Leeuwenhoek

الانجراف التآكلي	rill erosion
الانجراف الورقي	sheet erosion
انجراف ضفاف النهر	stream bank erosion
انحلال	dissolution
الإنسان العاقل	Homo sapiens sapiens
إنشاءات	construction
الأنشطة البشرية	human activities
أنظمة تنقية الرمال السريع	filtration systems rapid sand
الانعكاس	albedo
انفصال	detachment
الانفلونزا	flu
انقراض	extinction
الأنكا	Incas
أنماط	patterns
الأنهار الحضرية	urban rivers
أنواع	types
الأنواع الرئيسية	keystone species
الأنواع الغازية	invasive species
الأنواع الغريبة	exotic species
الأنواع المائية	aquatic species
الأنواع المحلية	native species
اهتمام	interest
الأهوار مستنقعات	marshes

الأواني الطينية	mud pots
أوجالالا	Ogallala
أوراق خنفساء	leaf beetle
الأوزون	ozone
الأوكسجين المذاب	dissolved oxygen
أيزيا بومان	Bowman Isaiah
أيون	ion

ب

باراغواي	Paraguay
البارجة	barge
باري جون م	Barry John M
باسينيفيليبو	Pacini Filippo
البترول	petroleum
البحار الداخلية المالحة	saline inland seas
البحيرات	lakes
البحيرات	of lakes
البحيرات العظمى	Great Lakes
البحيرات الكتلية	kettle lakes
البحيرات هامشية	lacustrine fringe
البحيرة	lagoon
بحيرة	lake
بحيرة الصدع القاري	continental rift lake
بحيرة الصرف	drainage lake

البحيرة أوسطية	mesotropic lake
بحيرة أوكسبو	oxbow lake
بحيرة إيري	Lake Erie
بحيرة بايكال	Lake Baikal
بحيرة تاوبو	Lake Taupo
بحيرة تنجانيقا	Lake Tanganykia
بحيرة جبال الألب	alpine lake
بحيرة ساكاكويا	Lake Sakakawea
بحيرة غنية بالمغذيات	eutrophic lake
بحيرة قليلة التغذية	oligotrophic lake
بحيرة كريتر في ولاية اوريجن الامريكية	Crater Lake
بحيرة ميد	Lake Mead
بخار	vapor
بدائيات النوى	prokaryotes
بدوي	nomadic
براري الحشائش الطويلة	tallgrass prairie
البراري الرطبة بلايا	prairie playa wetlands
البرازيل	Brazil
براين فورد	Ford Brian
برد	hail
البرك	ponding
بركاني	volcanic
بركة	pond

البرمائيات	amphibians
برنامج نوعية المياه	Water Quality Program
البروتوزوا	protozoa
بروتوكول كيوتو	Kyoto Protocol
بريطانيا العظمى	Great Britain
البشر	humans
بشرية المنشأ	anthropogenic
البعوض الأنوفيليسي	Anopheles mosquito
بقايا الحطامات	detritus encrusted
البقوليات	legumes
بكتريا نيتروباكتر	Nitrobacter
بكتريا نيتروزموناس	Nitrosamonas
بكتيريا	bacteria
البكتيريا الزرقاء	cyanobacteria
بلاد ما بين النهرين	Mesopotamia
البلاعات	septic tanks
بلح البحر حمار وحشي	zebra mussels
البلدات	townships
بلوط	oak
بناء	building
البناء	buildup
بناء السفن	shipbuilding
البنادق	riffles

بنية التحتية	infrastructure
بوابات االفيعنانات	floodgates
بوجيت جبريل	Pouchet M Gabriel
بورزيو لوك أنطونيو	Porzio Luc Antonio
بول مولر	Muller Paul
بيان الأثر البيئي	Environmental Impact Statement
البيانات	
بيانات الاستشعار عن بُعد	remote sensing data
بيانات نوعية المياه الحقيقة	real time water quality data
البيانات	data
بئر أرتوازية	artesian well
بيركلورات	perchlorate
بيزلي أسكتلندا	Paisley Scotland
البيكاربونات	bicarbonates
بيلوإيفلين سي	Pielou Evelyn C
بيناكروبرت	Pennak Robert
بيئي	environmental

ت

التأثيرات	influences
التآزر المدمر	destructive synergy
تآكل	erosion
التبادل الغازي	gaseous exchange
تباعد	splay

تبخر	evaporation
التبخير	fumigants
تثبيت	fixation
تجميد المطر	rain freezing
التجوية	weathering
التجوية الجيوكيميائية	geochemical weathering
التحجير	concretions
تحديد النسل	birth control
تحضر	urbanization
التحلل	decay
التحلل الحيوي	biodegradation
تحلية المياه	desalination
تحميل	loading
تحول	transformation
تحويل	conversion
تحويل	diversion
تخزين	storage
تخطيط	delineation
التخطيط الحضري	urban planning
تخفيف الجفاف	mitigating drought
التخفيف من تدفق الفيضانات	mitigation of flood flows
تخلل المياه	phreatic water
التدرجات	gradients

flow	تدفق
inflow	تدفق
outflow	تدفق
baseflow	التدفق الأساسي
overdraft	التدفق الزائد
subsurface flow	التدفق تحت سطح الأرض
overland flow	تدفق على سطح الأرض
flows	تدفقات
shallow subsurface flow	تدفقات الجوفية الضحلة
normal high flows	التدفقات المرتفعة العادية
normal low flows	التدفقات المنخفضة العادية
bioaccumulation	التراكم الحيوي
soils	الترب
soil flats	الترب المستوية
Histosol	ترب الهيستيسول
soil	تربة
hydric soils	التربة الرطبة
mineral soil flats	التربة المعدنية المستوية
breeding	تربية
Educational Scientific	تربية والعلم
order	ترتيب
deposition	ترسيب
sedimentation	ترسيب

التركيب الجزيئي	molecular structure
التركيب الضوئي	photosynthesis
التساقط	precipitation
تسامي	sublimation
التسرب	infiltration
تسرب	spill
تسرب البحيرات	seepage lakes
تسوية الحرث	contour plowing
تشاتاهوتشي فلينت ACF	Chattahoochee-Flint ACF
التشبع	saturation
تشتت	dispersion
تشكيل	formation
تشكيل الأحداث الجيولوجية بالبحيرة	lake-forming geologic events
التصاق	adhesion
التصحر	desertification
تصرف	disposal
تصريف الملوثات الوطني	National Pollutant Discharge
تصفية	filtration
التصوير الجوي	aerial photography
التضاريس	landforms
التضاريس	topography
تضاريس السطح	landscape
التضاريس الكارستية	Karst terrain

تضافر الجهود البناءة	constructive synergy
التضخم الأحيائي	biomagnify
تطور	evolution
تعاقب	succession
تعديل	modification
تعدين	mining
تعرج	sinuosity
تعرجات	meanders
التعشيش	nesting
التعليم	education
التغذية	recharge
التغذية المتنوعة	heterotrophs
التغير الزمني	temporal variation
تغير المناخ	climate change
تغير المناخ العالمي	global climate change
التفوئيد	typhus
التقاويم	calendars
التقسيم الهيدرومورفولوجي	Hydrogeomorphic Classification
التقطير	distillation
التقطير	percolation
تقييم	evaluation
التقييم الوطني	National Assessment
تكاثر البشري	human proliferation

تكاثف	condensation
تكافل في علم الأحياء	symbiosis
التكتلات الثلجية	snowdrifts
تكتيك عسكري	military tactic
تكوين القنوات	channelization
تكيف	adaptation
تلسكوب	telescope
تلطيخ	staining
التلوث	pollution
التلوث البرازي	fecal contamination
تلوث الهواء في الأماكن المغلقة	air pollution indoor
التلوث من مصدر واحد	point source
تماسك	cohesion
التماسيح	alligators
التماسيح	crocodiles
التمويل	funding
تناضح	osmosis
التناضح العكسي	reverse osmosis
التندرة سهل أجرد	tundra
التنغستن	tungsten
تنفس	respiration
التنقيب عن المياه الجوفية	aquifer mining
تنقية	purification

تنمية	development
التنمية الاقتصادية	economic development
التنمية الحضرية	urban development
تنوع	diversity
التنوع البيولوجي العالمي	global biological diversity
التنوع الحيوي	biodiversity
توازن	balance
توتر	tension
التوصيل الكهربي	specific conductance
توليد الطاقة	power generation
التيار النفاث	jet stream
التيارات	currents
تيارات الجبلية	mountain streams

ث

ثالوك	thalweg
ثاني أكسيد الكربون	carbon dioxide
الثدييات	mammals
ثعالب	otters
الثغور	stomata
ثلاثي الهالوميثان (الميثان ثلاثي الهالوجين)	trihalomethanes THMs
الثلوج	Snow
الثليوم عنصر فلزي	thallium
ثنائي كلورو ثنائي فينيل الإيثان	-DDT dichlorodiphenyltrichloro

الثورات	eruptions
الثورة الصناعية	Industrial Revolution

ج

جائزة نوبل	Nobel Prize
الجبال	mountains
الجبال الجليدية	icebergs
جدول مائي	stream
الجريان السطحي	runoff
جريان مياه الأمطار	stormwater runoff
جزر أندامان	Andaman Islands
جزيء ثنائي القطب	dipole molecule
جزيرة	island
جزيئات	molecules
جفاف	drought
الجفاف الاجتماعي والاقتصادي	socio-economic drought
الجفاف الهيدرولوجي	hydrological drought
جليد	ice
الجليد البحري	sea ice
الجماليات	esthetics
جمهور	public
جمهورية التشيك	Czech Republic
جمهورية الصين	Republic of China
جنوب أفريقيا	South Africa

جهاز تسوية	settling device
الجهد	potential
الجهد التناضحي	osmotic potential
جهد الضغط	pressure potential
الجو	atmosphere
جو خانق	miasma
جوداي تشانسي	Juday Chancey
جودة	quality
جوراسي	Jurassic
جورج إليوت ماري آن إيفانس	Eliot George Mary Ann Evans
جون موير	Muir John
الجيارديات	giardiasis
جيمي كارتر	Carter Jimmy
جيولوجيا	geology
الجيومورفولوجيا	geomorphology
الجيومورفولوجيا النهرية	fluvial geomorphology

ح

حاجز	barrier
حاجز البحيرة	barrier lake
الحالة المؤكسد	oxidized state
حالة ركود	backwater
الحجر الجيري	limestone
حجم	size

حجم الحبيبات	particle size
الحد الأدنى من التدفق	minimum stream flow
الحد الأقصى لمستوى الملوثات	maximum contaminant level
الحد من عنصر	limiting element
الحدث البارد	cold event
حدود الحقل	field borders
الحدود الدولية	international boundaries
الحدود السياسية	political boundaries
حديد	iron
حرارة	heat
حراري	thermal
الحراري	thermocline
حرب بين القبائل	intertribal warfare
الحركة	mobility
حركة	movement
الحركة السلبية	movement passive
حركة الهواء	air movement
حريق	fire
حسن الاجتماعي	social good
الحشرات	insects
حصر	limitation
الحصى	gravels
الحضارات الهيدروليكية	hydraulic civilizations

civilization	حضارة
sedentism	حضر
urban	حضري
debris	حطام
feedlots	حظائر
Conservation of Nature	الحفاظ على الطبيعة
conservancy districts	الحفاظ على المناطق
Natural Resources Conservation	الحفاظ على الموارد الطبيعية
potholes	الحفر
right	حق
human rights	حقوق الإنسان
fields permanent	حقول دائمة
Rule of Capture	حكم الحصد
dendrochronology	حلق شجري
tree rings	حلقات شجرة
sludge	حمأة
baths	الحمامات
protection	حماية
US Environmental Protection	حماية البيئة الأمريكية
shellfish protection of	الحماية من المحار
tannin	حمض التانين
humic acid	حمض الدبالي
load	حمل

الحمل الحراري	convection
حمل القاع	bedload
الحواجز	barriers
حواجز الرياح العشبية	wind barriers herbaceous
حوض	basin
حوض التجميع	catch basin
حوض التجميع	watershed
حوض بلايا	playa basin
حوض نهرموراي-دارلينج	Murray-Darling River Basin
الحياة البرية	wildlife
الحياة المائية	aquatic life
حيز التدفق	flowpaths
حيوان البيفر	beaver
الحيوانات المستأنسة	domesticated animals
حيوي	biological

خ

خدمات المحافظة على الطبيعة الأمريكية	Conservation Service NRCS
خدمات الوكالة الامريكية للاسماك والحياة البرية USFWS	US Fish and Wildlife Service USFWS
خدمات حماية المصادر الطبيعية	- Service NRCS
خدمة المصايد البحرية الوطنية	National Marine Fisheries Service
خرائط	maps
الخرائط الذكية	smart maps
الخر-نتح	evapotranspiration

reservoir	خزان
timber	خشب
roughness	خشونة
characteristics	الخصائص
privatization	الخصخصة
fertility	خصوبة
longitude	خط الطول
latitude	خط العرض
gravity	خطورة
drift lines	خطوط الانجراف
contours	الخطوط الكنتورية
bays	الخلجان
bayous	الخليج الصغير
algorithm	الخوارزمية
thread	خيط

د

Darcy Henry	دارسي هنري
Darfur	دارفور
dioxin	الدايوكسينات
humus	الدبال مادة سمراء
normal temperatures	درجات الحرارة العادية
temperature	درجة الحرارة
effluent	دفق

الدقة	accuracy
الدقيقي	mealybug
الدكتور ليوبولد لونا	Dr Leopold Luna
دواء	medicine
دواجن	poultry
دوامي السياط	dinoflagellate
دودة الحمأة	sludge worm
الدورات	cycling
الدوران الخريفي	fall turnover
دوران الربيع	spring turnover
دورة	cycle
دورة الجفاف	hydro period
دولة او ولاية	state
الدولميت	dolomite
دي لا هير فيليب	de La Hire Philippe
ديدان	worms
ديدان الأرض	earthworms

ذ

ذاتية التغذية	autotrophs
ذرات الهواء الجوي	aerosol propellants
الذهب	gold
ذوبان	melting
ذوبان الثلوج	snowmelt

ر

راديوم	radium
رأس البئر	wellhead
راشيل كارسون	Carson Rachel
الرافد	relief
الرافد	tributary
الراكون	raccoons
رد فعل الأكسدة والاختزال	oxidation-reduction reaction
رسم الخرائط	mapping
رصاص	lead
رطوبة	humidity
الرعاية الطبية	medical care
الرقم الهيدروجيني الحمضي القاعدي	acid-base pH
رمل	sand
الرملي	sandbar
رواسب	sediment
الرواسب	sediments
الرواسب الطينية	aeolian sediments
روبرت كوخ	Koch Robert
روبرت هوك	Hooke Robert
روزالين كارتر	Carter Rosalyn
روسيا	Russia
ري	irrigation

الري المحوري	center pivot
الرياح	trade winds
رياح	wind
الريزوبيم	rhizobium

ز

زراعة	agriculture
زراعة	cultivation
زراعة الغابات	silviculture
زراعي	agricultural
زرنيخ	arsenic
الزلازل	earthquakes
زمن	time
الزمن الجيولوجي	geologic time
الزيادة السكانية	overpopulation
زئبق	mercury

س

السابقة الاعتمادات القاعدة	Prior Appropriation Rule
سادس فلوريد الكبريت SF	sulfur hexafluoride SF
ساسكاتشوان	Saskatchewan
السافانا	pampas
السافانا	savannas
الساكن	lentic
ساندرا بوستل	Postel Sandra

سائل	liquid
السباخ	bogs
ستراتون-جين بورتر	Stratton-Porter Gene
ستيفن فوربس ألفريد	Forbes Stephen Alfred
السخانات	geysers
سد	dam
السد العالي في أسوان	Aswan High Dam
سد الكفرة	Sadd el-Kafara
سد إيتايبو	Itaipu Dam
سد هوفر	Hoover Dam
سد هيوم	Hume Dam
السدر	cedar
السدود	dams
السدود	dikes
السدود	levees
السدود القوسية	arch dams
السدود المدعومة	buttress dams
سدود ترابية	earthen dams
السرو الأصلع	bald cypress
سري لانكا	Sri Lanka
سطح	surface
سطور النباتات	alley cropping
السعة	capacity

السعة الاستيعابية للبشر	carrying capacity for humans
السعة التحملية	carrying capacity
السعة الحرارة النوعية	specific heat capacity
السكك الحديدية	railroads
سكيل كارل فيلهلم	Scheele Karl Wilhelm
سلالم	ladders
سلطة وادي تينيسي	Tennessee Valley Authority
سمك	fish
سمك السلمون	salmon
سمية	toxicity
السهوب	steppes
السهول الطينية	mudflats
سودان	Sudan
سور الصين العظيم	Great Wall of China
سياحة	tourism
سياسة	policy
سياسة	politics
السير همفري ديفي	Davy Sir Humphry
سيطرة	control
السيفون	siphon
سيكي الرؤية	Secchi visibility

ش

الشب	alum
الشبكات	webs
شبيهات النباتات	periphyto
شجر السرو	cypress
شرائط فلتر	filter strips
الشعاب المرجانية	coral reef
شكل	shape
شمس	Sun
الشهب	meteors
شونباين كريستيان فريدريش	Schonbein Christian Friedrich
شيلفورد في إي	Shelford V E

ص

الصحة	health
صحة الإنسان	human health
صحراء	desert
الصخور	boulders
صدع	rift
صدمة	shock
صراع	conflict
الصرف	discharge
الصرف	drainage
صرف	exchange

الصرف الصحي	sanitation
الصفائح التكتونية	plate tectonics
صناعة	industry
صناعة السكر	sugar industry
الصنوبريات المخروطية ذات الوبر الخشن	bristlecone pines
صهريج	cistern
صوديوم	sodium
الصور	imagery
صور	photo
صور الأقمار الصناعية عن بعد	remote satellite imagery
الصيد	hunting
صيد السمك	fishing
صيغة	formula
الصين	China

ض

ضخ	pumping
ضد التيار	upstream
ضرر غير معقول	unreasonable harm
ضغط البخار التدرج	vapor pressure gradient
الضغط الجوي	atmospheric pressure
الضغط الماتري	matric potential
ضفي خاص بضفة النهر	riparian
ضوء	light

ضوء الشمس	sunlight
ضوابط	controls

ط

طاقة	energy
الطاقة الكهرومائية	hydropower
طاولة	table
طباشيري	Cretaceous
الطبقات	stratification
طبقات البيانات	data layers
الطبقات الحاملة للمياه الغرينية	aquifers alluvial
الطبقة الحاملة للمياه	aquifer
الطبقة العلوية من التربة	topsoil
طبقة غوراني الحاملة للمياه	Guarani Aquifer
طبقة مائية سفلية	hypolimnion
طبقة مائية عليا	epilimnion
الطبوغرافية توبو	topographical topo
طبيعي	natural
الطحالب المزدهرة	algae blooms
الطرق	roads
الطقس	weather
الطلاء	creosote
الطلب على الأكسجين الحيوي BOD	biological oxygen demand BOD
الطلب على الأكسجين الكيميائي	chemical oxygen demand

الطمي المودعة بالمياه	water-deposited alluvium
طول	length
الطيفي	spectrophotometry
طين	clay

ع

عالمي	universal
عدد السكان	population
عدد سكان العالم	global population
عصبي	neurotoxin
العصر الجليدي	Pleistocene epoch
عصر الهولوسين	Holocene Epoch
العصور الجليدية	Ice Ages
العصور المظلمة	Dark Ages
عضوي	organic
العطور	perfumes
العقيدات	nodules
عقيدة الاعتمادات المسبقة	Doctrine of Prior Appropriation
عقيدة الثقة العامة	Public Trust Doctrine
العقيدة المتشاطئة	Riparian Doctrine
عكر	turbidity
عكس النترتة	denitrifkation
علاج	treatment
العلاج الجيني	gene therapy

high water marks	علامات ارتفاع المياه
gum tupelo	العلكة توبيلو
science	علم
biology	علم الاحياء
molecular biology	علم الأحياء الجزيئية
epidemiology	علم الأوبئة
limnology	علم البحيرات
ecology	علم البيئة
morphology	علم التشكل المورفولوجيا
economic entomology	علم الحشرات الاقتصادية
astronomy	علم الفلك
paleoclimatology	علم المناخ القديم
hydrodynamics	علم قوة الموائع
overtopping	العلنية
on fire	على النار
Age of Discovery	عمر ديسكفري
processes	العمليات
manufacturing processes	عمليات التصنيع
geomorphic processes	العمليات الجيومورفولوجية
fluvial-morphological processes	العمليات النهرية-المورفولوجية
heavy metals	العناصر الثقيلة
trace elements	العناصر النادرة
epochs	العهود

العواصف	windstorms
العواصف الثلجية	blizzards
عواصف رعدية	thunderstorms
العوالق	plankton
العوالق الحيوانية	zooplankton
العوالق النباتية	phytoplankton
العولمة	globalization

غ

غابات الأخشب الصلبة في الأراضي القاعية	bottomland hardwood forest
الغابات الاستوائية	tropical forest
الغابات الشمالية	boreal forest
الغابات الشمالية بأمريكا الشمالية	North America boreal forest
الغابات المطيرة	rainforest
غابة	forest
الغابية	forestry
غاريت هاردن	Hardin Garrett
غاز	gas
غاز الأمونيا	ammonia
غاز النيتروجين	nitrogen gas
غاز طبيعي	natural gas
الغازات المسببة للاحتباس الحراري	greenhouse gases
غاليليو غاليلي	Galilei Galileo
الغبار السلطانية	Dust Bowl

غذاء	food
غطاء	cover
الغطاء الجليدي	ice cap
الغطاء النباتي	vegetation
غلاسكو	Glasgow
الغلاف الجليدي	cryosphere
غمر	inundation
غير الاستهلاكي	non-consumptive
غير عضوي	inorganic

ف

فأر	muskrats
فان مانيم مارتن	Van Manim Martin
فتحات	vents
الفترة الجيولوجية	geologic period
فحم	coal
الفخم بايكال	Baikal seal
فرق متعددة التخصصات	interdisciplinary teams
فرنسا	France
فشل	failure
الفشل الناجم عن التلوث	pollution-induced failure
الفطريات	fungi
فقر	poverty
فلتر	filter

فلوريد	fluoride
فواقد التسرب	seepage loss
الفوسفور	phosphorus
الفوسفور الكلي	total phosphorus
فولاذ	steel
فيروس نقص المناعة البشرية / الإيدز	HIV/AIDS
الفيروسات	viruses
فيزياء	physics
فيضان	flood
الفيضانات	flooding
الفيضانات المستوية	
فيلق مهندسي الجيش الأمريكي	US Army Corps of Engineers

ق

قابس	plug
القاعدة الحقوق المترابطة	Correlative Rights Rule
القاعية	benthic
قانون الأمن الغذائي	Food Security Act
قانون الأنواع المعرضة للمخاطر	Species at Risk Act
قانون الأنواع المهددة بالانقراض	Endangered Species Act
قانون التحمل	Law of Tolerance
قانون الحد الأدنى	Law of the Minimum
قانون السياسة البيئية الوطنية	National Environmental Policy Act
قانون المستنقعات المحمية	Swamp buster Act

قانون المياه الصالحة للشرب	Safe Drinking Water Act
قانون المياه النظيفة	Clean Water Act
قانون توزيع المياه	water allocation law
قانون رقم	ACT
قانون ليبيج	Liebig's Law
قانون مكافحة تلوث المياه	Water Pollution Control Act
القدرة	ability
القرون الوسطى	Middle Ages
القشريات	crustaceans
قصدير	tin
قطبية	polarity
قطع وحرق بقايا الزراعة	slash and burn agriculture
القفز	siltation
قمة	peak
قمة جبل	ridge
قمر	satellite
قناة	qanat
قناة	aqueduct
قناة	channel
قناة نهر متعرجة	braided river channel
القنوات	canals
قنوات	channels
قنوات تحت الأرض	underground channels

قنوات تمرير الفيضانات	by-pass flood channels
القوارب	boating
القواعد الشتوية	Winters Doctrine
قواعد هلسنكي	Helsinki Rules
قوة	power
القوة النووية	nuclear power
قيم المناظر الطبيعية الخلابة	scenic values
قيود	bonds

ك

الكادميوم	cadmium
كارست المياه الجوفية	Karst aquifer
كارلسباد الكهوف	Carlsbad Caverns
كالديرا	caldera
كاليفورنيا	California
كائن حي	organism
الكائنات الحية الدقيقة	microorganisms
كبريت	sulfur
كبريتيد	sulfide
الكتلة الحيوية	biomass
كثافة	density
كثافة	intensity
الكثافة البصرية	optical density
الكثبان	dunes

كربون	carbon
الكربون العضوي المذاب	dissolved organic carbon
الكربونات	carbonates
الكروم	chromium
الكروم	vines
الكريبتوسبوريديوم	Cryptosporidium
كشاف الضوء	light detection
الكلسيوم	calcium
كلورة	chlorination
الكلوروفيل	chlorophyll
الكلورية العضوية	organochlorine
كمية	quantity
كندا	Canada
كهرباء	electricity
الكهربية	electronegativity
كهف الماموث	Mammoth Cave
كوليرا	cholera
كيمياء	chemistry
اللاأحيائية	abiotic
اللافقاريات الصغيرة	macro invertebrate
اللاهوائية	anaerobic

ل

لب	pulp
لجنة الراين	Rhine Commission
اللجنين	lignin
اللقاحات	vaccines
لوثر بربانك	Burbank Luther
لوس انجلوس	Los Angeles
لويس باستور	Pasteur Louis
لويس ميريويذر	Lewis Meriwether
ليف	fiber

م

ماء	water
المادة	matter
المادة الأصل	parent material
المادة البرازية	fecal matter
مادة كيميائية	chemical
مادي	physical
ماري كوري	Curie Marie
مأساة المنافع العامة	tragedy of the commons
ماشية	livestock
المالك الاول	first possession
الماوى	habitat
مأوى	shelter
المآوي المائية	aquatic habitat

المايا	Mayas
مايكل فاراداي	Faraday Michael
مائي	aquatic
مبادئ	principles
المبردات	refrigerants
مبيد حيوي	biocide
مبيدات الأعشاب	herbicides
المبيدات الحشرية	insecticides
المبيدات الحشرية	pesticide
مبيدات الطحالب	algaecides
مبيدات الفطريات	fungicides
مجاعة	famine
المجتمع البيولوجي المحلي	local biological community
المجتمعات	communities
المجرى	sinkhole
مجلس الجودة البيئية	Council on Environmental Quality
مجموع الحد الأقصى اليومي	total maximum daily
مجموع المواد الصلبة العالقة	total suspended solids
مجهر	microscope
محافظات	provinces
المحافظة	conservation
المحبة للمياه	hydrophobic
محراب	niche

محراث	plow
محطة المراقبة	gage monitoring
المحللات	decomposers
المحيط	bounding
المحيط	ocean
المد الأحمر	Red Tide
المد والجزر	tidal
مداخل أنابيب	slotted pipe inlets
مدة	duration
المدن الضخمة	megacity
مدونة جستنيان	Justinian Code
مذيب	solvent
مذيبات التنظيف	cleaning solvents
مراحل التعاقب	successional stages
المراحيض	latrines
المراد الغذائية	nutria
مراكز السيطرة على الأمراض	Centers for Disease Control
مرحلة الاختزال	reduced state
المرسب	flocculating
مرض	disease
مرض الدودة الغينية	Guinea worm disease
مرض متوطن	endemic disease
مرعى	grassland

المركبات	compounds
مركبات الكربون الكلورية فلورية	hydroflurocarbons HFCs
مركبات الكلوروفلوروكربون مركبات الكربون الكلورية فلورية	chlorofluorocarbons CFCs
المروج الرطبة	wet meadows
المساحة الثلاثية	trilateration
مساحة السطح	surface area
مساحة القلق	Area of Concern
مساحة المسام	pore space
المساعدة المحافظة التقنية	Conservation Technical Assistance
المسامية	porosity
مسببات الأمراض	pathogens
مسببات الأمراض الميكروبيولوجية	microbiological pathogens
مستجمعات المياه	catchment
مستنقع	fen
مستنقع	swamp
المستنقعات	Swampland
المستهلك	tertiary consumer
المستهلكون	consumers
المستهلكون الثانويون	secondary consumers
المستويات	flats
مستويات	levels
المسح الجيولوجي الأمريكية USGS	US Geological Survey USGS
المشاتل	nurseries

مشاركة	participation
مصادر	sources
المصد	repellants
مصدات الرياح	windbreaks
مصدر	source
مصدر التلوث المتعدد	non-point source
مصر	Egypt
مصنع ساندوز للكيماويات الزراعية السويسرية	Swiss Sandoz Agrochemical plant
مصنوعة من	leat
المضادات الحيوية	antibiotics
المضافات	Amendments
مطالبة	claim
مطر	rain
مطر متجمد	sleet
المعايير	criteria
معدل التسرب	infiltration rate
معدلات الإنجاب	reproductive rates
معدن	mineral
معرفة القراءة والكتابة	literacy
المعقمات	sterilants
معقولة قواعد الاستخدام	Reasonable Use Rule
معلم	landmark
معهد الموارد المائية	Institute of Water Resources

standard	معيار
closed	مغلق
open	مفتوح
transects	المقاطع العرضية
resistance	مقاومة
piezometer	مقياس الضغط البوزمتري
nilometers	مقياس النيل
US Bureau of Reclamation USBR	المكتب الأمريكي لاستصلاح الأراضي USBR
Mexico	المكسيك
navigation	ملاحة
field observations	الملاحظات الميدانية
malaria	ملاريا
redoxmorphic features	ملامح أكسدة النحاس
salt	ملح
contaminants	الملوثات
salinity	الملوحة
waterways grassed	الممرات المائية العشبية
headwaters	منابع
climate	مناخ
climate regional	المناخ الإقليمي
macroclimate	المناخ الكلي
areas	المناطق
districts	المناطق

المناطق	zones
مناطق	floodplain
مناطق التغذية	feeding areas
المناطق المحاذية	buffers
مناطق المياه الضحلة للحياة البرية	shallow water areas for wildlife
منافذ	slotted board outlets
منتج	producer
المنجنيز	manganese
منحدر	slope
المنحنى المائي	hydrograph
منطقة	area
منطقة	zone
منطقة hyporheic	hyporheic zone
منطقة البهيجة	euphoric zone
منطقة الترسيب	depositional zone
المنطقة الساحلية	littoral zone
منطقة بالبحيرات	limnetic zone
منطقة بيئية انتقالية	ecotone
منطقة تهوية	aeration zone of
منطقة طولية	longitudinal zone
منطقة عميقة	profoundly zone
المنطقة غير المشبعة	unsaturated zone
منطقة فادوز	vadose zone

منطقة مشبعة	saturated zone
منطقة ميتة	dead zone
منطقة نقل	transfer zone
منطقة هامشية	fringe area
المنظمة الثقافية	Cultural Organization
منظمة الصحة العالمية	WHO
منظمة الصحة العالمية	World Health Organization
منع	prevention
منقطقة العلوية للمجرى	uranium
المهددة بالانقراض	threatened and endangered
المواد	materials
المواد الجيولوجية	geologic materials
المواد الخطرة	hazardous materials
المواد السامة	toxic substances
المواد الصلبة الذائبة	total dissolved solids
المواد الغذائية	nutrients
المواد الكيميائية	chemicals
المواد الكيميائية غير العضوية	inorganic chemicals
موارد	resources
الموارد الطبيعية	natural resources
الموارد الطبيعية بوزارة الزراعة الامريكية	USDA Natural Resources
الموارد الطبيعية IUCN	Natural Resources IUCN
الموازنة المائية العالمية	global water budget

مواقع أرضية	terrace
مواقع التراث العالمي لليونسكو	UNESCO World Heritage Site
مواقع تربية	breeding sites
الموت الأسود	Black Death
موجات الحرارة	heat waves
المؤرخون	historians
موسم النمو	growing season
موسمية	seasonality
مؤشر	index
مؤشر الأنواع	indicator species
مؤشر بالمر لشدة الجفاف	Palmer Drought Severity Index
مؤشر سلامة الأحيائية	index of biotic integrity
المؤشرات	indicators
الموليبدينوم	molybdenum
المياه الأحفورية	fossil water
المياه الافتراضية	virtual water
مياه البحر	seawater
المياه الجوفية	groundwater
المياه الجوفية / المياه السطحية	groundwater/surface water
المياه الرجيعة المالحة	brine
المياه الرمادية	gray water
المياه السطحية	surface water
مياه الشرب	drinking water

مياه الصابورة	ballast water
مياه الصرف	wastewater
مياه الصرف الصحي	sewage
المياه العذبة	freshwater
مياه الفيضان	floodwater
المياه المخزونة بالأطراف	bank storage
الميثان	methane
ميثيل الزئبق	methylmercury
ميثيل ثلاثي بوتيل الأثير	methyl tertiary butyl ether
ميكانيكي	mechanical
ميكروب	microbe
ميل	gradient

ن

نافورة	fountain
النبات	plant
النباتات	plants
النباتات الكبيرة	macrophytes
نباتات المناطق الرطبة	hydrophytes
النتح	transpiration
نترات	nitrate
النترجة	nitrification
نتروجين	nitrogen
النتريت	nitrite

نسبة النيتروجين إلى الفوسفور	N : P ratio
نسيج	texture
نشاط	activity
النشاط التكتوني	tectonic activity
النشاط الجيولوجي	geologic activity
نصف الحياة	half-life
النظافة	hygiene
نظام	regime
نظام	system
النظام البيئي	ecosystem
نظام التسليم	delivery system
نظام القضاء	Elimination System
نظام المعلومات الجغرافي	geographical information system
نظام تحديد المواقع العالمي	global positioning system GPS
نظام تحديد المواقع العالمي نافستار	Navstar Global Positioning System
نظام يازو	yazoo system
نظرية جرثومية المرض	Germ Theory of Disease
نفاذية	permeability
النفاذية	transmissivity
النفايات	wastes
النفايات الصناعية	industrial wastes
نفاية	dump
نفاية	waste

نفط	oil
النقاش العلمي	scientific debate
نقل	transport
نقل	transport
نمط الاستيطان	settlement pattern
نمو	growth
النمو الخضري	vegetative
نموذج التضاريس الرقمي	digital terrain model
نهر	river
نهر ألاباما- كوسا -تالا بوسا	Alabama-Coosa-Tallapoosa River
نهر الأصفر	Yellow River see Huang He
نهر الامازون	Amazon River
نهر التايمز	Thames River
نهر التراث الأمريكي	American Heritage River
نهر الثالوث	Trinity River
النهر الجليدي	glacier
نهر الراين	Rhine River
نهر النيل	Nile River
نهر اندوس	Indus River
نهر بارابو	Baraboo River
نهر بارانا	Parana River
نهر بلات	Platte River
نهر كولورادو	Colorado River

نهر كوياهوغا	Cuyahoga River
نهر ميسوري	Missouri River
نهر ميسيسيبي	Mississippi River
نواتج التحلل	degradation products
نوع	species
نوع	type
النوى الجليد	ice cores
النوى الغطاء الجليدي	ice cap cores
النويدات المشعة	radionuclides
النيازك	meteorites
النياندرتال	Neanderthals
النينا	La Nina
النينو	El Nino
نيوزيلندا	New Zealand

هـ

هال بورلاند	Borland Hal
هامش أمان	margin of safety
هاموند هيو بينيت	Bennett Hugh Hammond
هبوط	subsidence
هدأ	subside
هدب	fringe
هدف أقصى مستوى الملوثات	maximum contaminant level goal
الهزال الشامل	mass wasting
هطول المطر	rainfall
الهلال الخصيب	Fertile Crescent

الهند	India
هنري ديفيد ثورو	Thoreau Henry David
هوانغ	Huang He
هوائي	aerobic
هورتون روبرت E	Horton Robert E
هيدروجين	hydrogen
الهيدروكربون	hydrocarbon
الهيدروكربونات المشبعة بالفلور	per-fluorocarbons PFCs
الهيدرولوجيا	hydrology
الهيدرولوجيا-الصرف	hydrology-drainage
الهيدرولوجية	hydrologic
هيكل	structure
الهيكل الجيولوجي	geologic structure
هينيسيجريجأر	Hennessey Gregg R

و

واحة أعشاب	veldt
وباء	epidemic
الوحدات الحيوانية محصورة	confined animal units
الوديان	valleys
وزارة الزراعة الأمريكية	US Department of Agriculture
الوزن الجزيئي	molecular weight
وضع البيض	spawning
الوضع الغذائي	trophic status
وضع المؤشر	indicator status
وظائف	functions

وظيفة الميكروبية	microbial function
وعورة	scarp
الوقاية	Prevention
وقت الإقامة	residence time
وقود الكتلة الحيوية	biomass fuel
وكالة USAGE	USAGE
الوكالة الامريكية لحماية البيئة	Agency USEPA
الوكالة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء	National Aeronautics and Space
وليام كلارك	Clark William
ويتفوجالكارل أغسطس	Wittfogel Karl August

ي

اليابان	Japan
يانسن زجريا	Janssen Zacharias
يانوس	llanos
يقتل	kills
الينابيع	springs
الينابيع التلالية	hillside springs
اليونسكو منظمة الأمم المتحدة	UNESCO United Nations

ثانياً: إنجليزي -عربي

A

abiotic	اللاأحيائية
ability	القدر
accuracy	الدقة
acid-base pH	الرقم الهيدروجيني الحمضي القاعدي
ACT	قانون رقم
activity	نشاط
adaptation	تكيف
adhesion	التصاق
Administration NASA	إدارة ناسا
adsorption	الامتصاص
aeolian sediments	الرواسب الطينية
aeration zone of	منطقة تهوية
aerial photography	التصوير الجوي
aerobic	هوائي
aerosol propellants	ذرات الهواء الجوي
Africa	أفريقيا
Age of Discovery	عمر ديسكفري
Agency USEPA	الوكالة الأمريكية لحماية البيئة
agricultural	زراعي
agriculture	زراعة
air movement	حركة الهواء

تلوث الهواء في الأماكن المغلقة	air pollution indoor
نهر ألاباما- كوسا -تالا بوسا	Alabama-Coosa-Tallapoosa River
الانعكاس	albedo
الطحالب المزدهرة	algae blooms
أعداد الطحالب	algae population
مبيدات الطحالب	algaecides
الخوارزمية	algorithm
سطور النباتات	alley cropping
التماسيح	alligators
بحيرة جبال الألب	alpine lake
الشب	alum
نهر الامازون	Amazon River
المضافات	Amendments
نهر التراث الأمريكي	American Heritage River
غاز الأمونيا	ammonia
الأمونيوم	ammonium
البرمائيات	amphibians
اللاهوائية	anaerobic
أناسازي	Anasazi
جزر انداامان	Andaman Islands
البعوض الأنوفيليسي	Anopheles mosquito
أنتوني فان ليوينهويك	Anthony van Leeuwenhoek
بشرية المنشأ	anthropogenic

المضادات الحيوية	antibiotics
مائي	aquatic
المآوي المائية	aquatic habitat
الحياة المائية	aquatic life
الأنواع المائية	aquatic species
قناة	aqueduct
الطبقة الحاملة للمياه	aquifer
التنقيب عن المياه الجوفية	aquifer mining
الطبقات الحاملة للمياه الغرينية	aquifers alluvial
الأراضي الصالحة للزراعة	arable land
السدود القوسية	arch dams
منطقة	area
مساحة القلق	Area of Concern
المناطق	areas
زرنيخ	arsenic
بئر ارتوازية	artesian well
علم الفلك	astronomy
السد العالي في أسوان	Aswan High Dam
الجو	atmosphere
الضغط الجوي	atmospheric pressure
أستراليا	Australia
ذاتية التغذية	autotrophs
ازتيك	Aztec

B

حالة ركود	backwater
بكتيريا	bacteria
الفخم بايكال	Baikal seal
توازن	balance
السرو الأصلع	bald cypress
مياه الصابورة	ballast water
المياه المخزونة بالاطراف	bank storage
نهر بارابو	Baraboo River
البارجة	barge
حاجز	barrier
حاجز البحيرة	barrier lake
الحواجز	barriers
باري جون م	Barry John M
التدفق الاساسي	baseflow
حوض	basin
الحمامات	baths
الخليج الصغير	bayous
الخلجان	bays
حيوان البيفر	beaver
حمل القاع	bedload
الاستخدام المفيد	beneficial use
هاموند هيو بينيت	Bennett Hugh Hammond

القاعية	benthic
أفضل الممارسات الإدارية	Best Management Practices
البيكاربونات	bicarbonates
التراكم الحيوي	bioaccumulation
مبيد حيوي	biocide
التحلل الحيوي	biodegradation
التنوع الحيوي	biodiversity
حيوي	biological
الطلب على الأكسجين الحيوي BOD	biological oxygen demand BOD
علم الأحياء	biology
التضخم الأحيائي	biomagnify
الكتلة الحيوية	biomass
وقود الكتلة الحيوية	biomass fuel
إحيائية	biome
الاستقرار الحيوي	bio-stabilization
الأحيائي	biotic
إدوارد بيرج أ	Birge Edward A
تحديد النسل	birth control
الموت الأسود	Black Death
العواصف الثلجية	blizzards
إزهار	bloom
القوارب	boating
السباخ	bogs

قيود	bonds
الغابات الشمالية	boreal forest
هال بورلاند	Borland Hal
غابات الأخشب الصلبةفي الأراضي القاعية	bottomland hardwood forest
الصخور	boulders
المحيط	bounding
أيزيا بومان	Bowman Isaiah
قناة نهر متعرجة	braided river channel
البرازيل	Brazil
تربية	breeding
مواقع تربية	breeding sites
المياه الرجيعة المالحة	brine
الصنوبريات المخروطية ذات الوبر الخشن	bristlecone pines
المناطق المحاذية	buffers
بناء	building
البناء	buildup
لوثر بربانك	Burbank Luther
السدود المدعومة	buttress dams
ألاشجار الداعمة	buttressed trees
قنوات تمرير الفيضانات	by-pass flood channels

C

الكادميوم	cadmium
الكلسيوم	calcium

caldera	كالديرا
calendars	التقاويم
California	كاليفورنيا
Canada	كندا
canals	القنوات
capacity	السعة
carbon	كربون
carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون
carbonates	الكربونات
Carlsbad Caverns	كارلسباد الكهوف
carrying capacity	السعة التحملية
carrying capacity for humans	السعة الاستيعابية للبشر
Carson Rachel	راشيل كارسون
Carter Jimmy	جيمي كارتر
Carter Rosalyn	روزالين كارتر
catch basin	حوض التجميع
catchment	مستجمعات المياه
cattails	أعشاب البرك
cedar	السدر
center pivot	الري المحوري
Centers for Disease Control	مراكز السيطرة على الأمراض
Chadwick Edwin	إدوين تشادويك
channel	قناة

channelization	تكوين القنوات
channels	قنوات
characteristics	الخصائص
Chattahoochee-Flint ACF	تشاتاهوتشي فلينت ACF
chemical	مادة كيميائية
chemical oxygen demand	الطلب على الأكسجين الكيميائي
chemicals	المواد الكيميائية
chemistry	كيمياء
China	الصين
chlorination	كلورة
chlorofluorocarbons CFCs	مركبات الكلوروفلوروكربون مركبات الكربون الكلورية فلورية
chlorophyll	الكلوروفيل
cholera	كوليرا
chromium	الكروم
cistern	صهريج
civilization	حضارة
claim	مطالبة
Clark William	وليام كلارك
clay	طين
Clean Water Act	قانون المياه النظيفة
cleaning solvents	مذيبات التنظيف
climate	مناخ
climate regional	المناخ الإقليمي

تغير المناخ	climate change
مغلق	closed
فحم	coal
تماسك	cohesion
الحدث البارد	cold event
نهر كولورادو	Colorado River
إحراق	combustion
المجتمعات	communities
المركبات	compounds
التحجير	concretions
تكاثف	condensation
الوحدات الحيوانية محصورة	confined animal units
صراع	conflict
احتشاد	confluence
الحفاظ على المناطق	conservancy districts
المحافظة	conservation
الحفاظ على الطبيعة	Conservation of Nature
خدمات المحافظة على الطبيعة الأمريكية	Conservation Service NRCS
المساعدة المحافظة التقنية	Conservation Technical Assistance
إنشاءات	construction
تضافر الجهود البناءة	constructive synergy
المستهلكون	consumers
الملوثات	contaminants

بحيرة الصدع القاري	continental rift lake
تسوية الحرث	contour plowing
الخطوط الكنتورية	contours
سيطرة	control
ضوابط	controls
الحمل الحراري	convection
تحويل	conversion
الشعاب المرجانية	coral reef
القاعدة الحقوق المترابطة	Correlative Rights Rule
مجلس الجودة البيئية	Council on Environmental Quality
غطاء	cover
بحيرة كريتر في ولاية أوريجن الأمريكية	Crater Lake
الطلاء	creosote
طباشيري	Cretaceous
المعايير	criteria
التماسيح	crocodiles
القشريات	crustaceans
الغلاف الجليدي	cryosphere
الكريبتوسبوريديوم	Cryptosporidium
CTA	CTA
زراعة	cultivation
المنظمة الثقافية	Cultural Organization
ماري كوري	Curie Marie

currents	التيارات
Cuyahoga River	نهر كوياهوغا
cyanobacteria	البكتيريا الزرقاء
cycle	دورة
cycling	الدورات
cypress	شجر السرو
Czech Republic	جمهورية التشيك

D

dam	سد
dams	السدود
Darcy Henry	دارسي هنري
Darfur	دارفور
Dark Ages	العصور المظلمة
data	البيانات
data layers	طبقات البيانات
Davy Sir Humphry	السير همفري ديفي
DDT dichlorodiphenyltrichloro-	ثنائي كلورو ثنائي فينيل الإيثان
de La Hire Philippe	دي لا هير فيليب
dead zone	منطقة ميتة
debris	حطام
decay	التحلل
decomposers	المحللات
deforestation	إزالة الغابات

نواتج التحلل	degradation products
تخطيط	delineation
نظام التسليم	delivery system
حلق شجري	dendrochronology
عكس النترتة	denitrifkation
كثافة	density
ترسيب	deposition
منطقة الترسيب	depositional zone
تحلية المياه	desalination
صحراء	desert
التصحر	desertification
التآزر المدمر	destructive synergy
انفصال	detachment
بقايا الحطامات	detritus encrusted
تنمية	development
الإسهال	diarrhea
الانتشار	diffusion
نموذج التضاريس الرقمي	digital terrain model
السدود	dikes
أبعاد	dimensions
دوامي السياط	dinoflagellate
الدايوكسينات	dioxin
جزيء ثنائي القطب	dipole molecule

discharge	الصرف
disease	مرض
dispersion	تشتت
disposal	تصرف
dissolution	انحلال
dissolved organic carbon	الكربون العضوي المذاب
dissolved oxygen	الأوكسجين المذاب
distillation	التقطير
districts	المناطق
diversion	تحويل
diversity	تنوع
Doctrine of Prior Appropriation	عقيدة الاعتمادات المسبقة
dolomite	الدولميت
domesticated animals	الحيوانات المستأنسة
Dr Leopold Luna	الدكتور ليوبولد لونا
drainage	الصرف
drainage lake	بحيرة الصرف
drift lines	خطوط الانجراف
drinking water	مياه الشرب
drought	جفاف
dump	نفاية
dunes	الكثبان
duration	مدة

الغبار السلطانية	Dust Bowl

E

أرض	Earth
سدود ترابية	earthen dams
الزلازل	earthquakes
ديدان الأرض	earthworms
أقصى البيئي	ecological maximum
علم البيئة	ecology
الاعتبارات الاقتصادية	economic considerations
الاستنزاف الاقتصادي للـ	economic depletion of
التنمية الاقتصادية	economic development
علم الحشرات الاقتصادية	economic entomology
النظام البيئي	ecosystem
منطقة بيئية انتقالية	ecotone
التعليم	education
تربية والعلم	Educational Scientific
دفق	effluent
مصر	Egypt
النينو	El Nino
كهرباء	electricity
الكهربية	electronegativity
نظام القضاء	Elimination System
جورج إليوت ماري آن إيفانس	Eliot George Mary Ann Evans

emergent wetlands	الأراضي الرطبة الناشئة
emissions	الانبعاثات
Endangered Species Act	قانون الأنواع المهددة بالانقراض
endemic disease	مرض متوطن
energy	طاقة
environmental	بيئي
Environmental Impact Statement	بيان الأثر البيئي
epidemic	وباء
epidemiology	علم الأوبئة
epilimnion	طبقة مائية عليا
epochs	العهود
erosion	تآكل
eruptions	الثورات
Escherichia coli	الإشريية القولونية
esthetics	الجماليات
euphoric zone	منطقة البهيجة
eutrophic lake	بحيرة غنية بالمغذيات
eutrophication	الإثراء الغذائي
evaluation	تقييم
evaporation	تبخر
evapotranspiration	الخر-نتح
evolution	تطور
exchange	صرف

إكسوثرمى متسم باطلاق الحرارة	exothermic
الأنواع الغريبة	exotic species
انقراض	extinction
أكسون فالديز	Exxon Valdez

F

الأقمشة القابلة للتحلل	fabrics biodegradable
فشل	failure
الدوران الخريفي	fall turnover
مجاعة	famine
مايكل فاراداي	Faraday Michael
التلوث البرازي	fecal contamination
المادة البرازية	fecal matter
آلية التغذية المرتدة	feedback mechanism
مناطق التغذية	feeding areas
حظائر	feedlots
مستنقع	fen
الأسوار	fences
الهلال الخصيب	Fertile Crescent
خصوبة	fertility
الأسمدة	fertilizers
ليف	fiber
حدود الحقل	field borders

field observations	الملاحظات الميدانية
fields permanent	حقول دائمة
filter	فلتر
filter strips	شرائط فلتر
filtration	تصفية
filtration systems rapid sand	أنظمة تنقية الرمال السريع
fire	حريق
first possession	المالك الأول
fish	سمك
fishing	صيد السمك
fixation	تثبيت
flats	المستويات
flocculating	المرسب
flood	فيضان
floodgates	بوابات الفيضانات
flooding	الفيضانات
floodplain	مناطق الفيضانات المستوية
floodwater	مياه الفيضان
flow	تدفق
flowpaths	حيز التدفق
flows	تدفقات
flu	الانفلونزا
fluoride	فلوريد

fluvial geomorphology	الجيومورفولوجيا النهرية
fluvial-morphological processes	العمليات النهرية-المورفولوجية
food	غذاء
Food Security Act	قانون الأمن الغذائي
Forbes Stephen Alfred	ستيفن فوربس ألفريد
Ford Brian	براين فورد
forest	غابة
forestry	الغابية
formation	تشكيل
formula	صيغة
fossil water	المياه الأحفورية
fountain	نافورة
France	فرنسا
freshwater	المياه العذبة
fringe	هدب
fringe area	منطقة هامشية
fumigants	التبخير
functions	وظائف
funding	التمويل
fungi	الفطريات
fungicides	مبيدات الفطريات

G

gage monitoring	محطة المراقبة

Galilei Galileo	غاليليو غاليلي
gas	غاز
gaseous exchange	التبادل الغازي
gene therapy	العلاج الجيني
geochemical weathering	التجوية الجيوكيميائية
geographical information system	نظام المعلومات الجغرافي
geologic activity	النشاط الجيولوجي
geologic events	الأحداث الجيولوجية
geologic materials	المواد الجيولوجية
geologic period	الفترة الجيولوجية
geologic structure	الهيكل الجيولوجي
geologic time	الزمن الجيولوجي
geology	جيولوجيا
geomorphic processes	العمليات الجيومورفولوجية
geomorphology	الجيومورفولوجيا
Germ Theory of Disease	نظرية جرثومية المرض
geysers	السخانات
giardiasis	الجيارديات
GIS	الأستشعار عن بُعد
glacier	النهر الجليدي
Glasgow	غلاسكو
gley colors	الألوان الغدقة
global biological diversity	التنوع البيولوجي العالمي

تغير المناخ العالمي	global climate change
عدد سكان العالم	global population
نظام تحديد المواقع العالمي	global positioning system GPS
الاحترار العالمي	global warming
الموازنة المائية العالمية	global water budget
العولمة	globalization
الذهب	gold
آل غور	Gore Al
ميل	gradient
التدرجات	gradients
الأعشاب	grasses
مرعى	grassland
الحصى	gravels
إمكانية الجاذبية	gravitational potential
خطورة	gravity
المياه الرمادية	gray water
بريطانيا العظمي	Great Britain
البحيرات العظمى	Great Lakes
سور الصين العظيم	Great Wall of China
الغازات المسببة للاحتباس الحراري	greenhouse gases
المياه الجوفية	groundwater
المياه الجوفية / المياه السطحية	groundwater/surface water
موسم النمو	growing season

growth	نمو
Guarani Aquifer	طبقة غوراني الحاملة للمياه
Guinea worm disease	مرض الدودة الغينية
gully erosion	الاخدود التآكلي
gum tupelo	العلكة توبيلو

H

habitat	المأوى
hail	برد
half-life	نصف الحياة
Hardin Garrett	غاريت هاردن
hazardous materials	المواد الخطرة
headwaters	منابع
health	الصحة
heat	حرارة
heat waves	موجات الحرارة
heavy metals	العناصر الثقيلة
Helsinki Rules	قواعد هلسنكي
Hennessey Gregg R	هينيسي جيرج أر
herbicides	مبيدات الأعشاب
heterotrophs	التغذية المتنوعة
high water marks	علامات ارتفاع المياه
hillside springs	الينابيع التلالية
Hippocrates sleeve	أبقراط كم

hippopotami	أفراس النهر
historians	المؤرخون
Histosol	ترب الهيستيسول
HIV/AIDS	فيروس نقص المناعة البشرية / الأيدز
Holocene Epoch	عصر الهولوسين
Homo sapiens sapiens	الإنسان العاقل
Hooke Robert	روبرت هوك
Hoover Dam	سد هوفر
horizons	آفاق
Horton Robert E	هورتون روبرت E
Huang He	هوانغ
human activities	الأنشطة البشرية
human health	صحة الإنسان
human proliferation	تكاثر البشري
human rights	حقوق الإنسان
humans	البشر
Hume Dam	سد هيوم
humic acid	حمض الدبالي
humidity	رطوبة
humus	الدبال مادة سمراء
hunting	الصيد
hurricane	الإعصار
hydraulic civilizations	الحضارات الهيدروليكية

الارتفاع الهيدرولوكي	hydraulic head
التربة الرطبة	hydric soils
دورة الجفاف	hydro period
الهيدروكربون	hydrocarbon
علم قوة الموائع	hydrodynamics
مركبات الكربون الكلورية فلورية	hydroflurocarbons HFCs
هيدروجين	hydrogen
التقسيم الهيدرومورفولوجي	Hydrogeomorphic Classification
المنحنى المائي	hydrograph
الهيدرولوجية	hydrologic
الجفاف الهيدرولوجي	hydrological drought
الهيدرولوجيا	hydrology
الهيدرولوجيا-الصرف	hydrology-drainage
المحبة للمياه	hydrophobic
نباتات المناطق الرطبة	hydrophytes
الطاقة الكهرومائية	hydropower
النظافة	hygiene
طبقة مائية سفلية	hypolimnion
منطقة hyporheic	hyporheic zone

I

جليد	ice
العصور الجليدية	Ice Ages
الغطاء الجليدي	ice cap

النوى الغطاء الجليدي	ice cap cores
النوى الجليد	ice cores
الجبال الجليدية	icebergs
الصور	imagery
الأسطح غير المنفذة	impervious surfaces
الأنكا	Incas
مؤشر	index
مؤشر سلامة الأحيائية	index of biotic integrity
الهند	India
مؤشر الأنواع	indicator species
وضع المؤشر	indicator status
المؤشرات	indicators
نهر إندوس	Indus River
الثورة الصناعية	Industrial Revolution
النفايات الصناعية	industrial wastes
صناعة	industry
التسرب	infiltration
معدل التسرب	infiltration rate
تدفق	inflow
التأثيرات	influences
بنية التحتية	infrastructure
غير عضوي	inorganic
المواد الكيميائية غير العضوية	inorganic chemicals

insecticides	المبيدات الحشرية
insects	الحشرات
Institute of Water Resources	معهد الموارد المائية
intended use	الاستخدام المقصود
intensity	كثافة
interception	اعتراض
interdisciplinary teams	فرق متعددة التخصصات
interest	اهتمام
international boundaries	الحدود الدولية
International Union for the	الاتحاد الدولي ل
intertribal warfare	حرب بين القبائل
inundation	غمر
invasive species	الأنواع الغازية
ion	أيون
iron	حديد
irrigation	ري
island	جزيرة
Itaipu Dam	سد إيتايبو

J

Janssen Zacharias	يانسن زجريا
Japan	اليابان
jet stream	التيار النفاث
Juday Chancey	جوداي تشانسي

جوراسي	Jurassic
مدونة جستنيان	Justinian Code

K

كارست المياه الجوفية	Karst aquifer
التضاريس الكارستية	Karst terrain
البحيرات الكتلية	kettle lakes
الأنواع الرئيسية	keystone species
يقتل	kills
روبرت كوخ	Koch Robert
بروتوكول كيوتو	Kyoto Protocol

L

النينا	La Nina
البحيرات هامشية	lacustrine fringe
سلالم	ladders
البحيرة	lagoon
بحيرة	lake
بحيرة بايكال	Lake Baikal
بحيرة إيري	Lake Erie
بحيرة ميد	Lake Mead
بحيرة ساكاكويا	Lake Sakakawea
بحيرة تنجانيقا	Lake Tanganykia
بحيرة تاوبو	Lake Taupo
تشكيل الأحداث الجيولوجية بالبحيرة	lake-forming geologic events

lakes	البحيرات
land	أرض
land use	استخدام الأراضي
landforms	التضاريس
landmark	معلم
landscape	تضاريس السطح
latitude	خط العرض
latrines	المراحيض
Law of the Minimum	قانون الحد الأدنى
Law of Tolerance	قانون التحمل
lead	رصاص
leaf beetle	أوراق خنفساء
leat	مصنوعة من
legumes	البقوليات
length	طول
lentic	الساكن
Leopold Aldo	ألدو ليوبولد
levees	السدود
leveling	الاستواء
levels	مستويات
Lewis Meriwether	لويس ميريويذر
Liebig's Law	قانون ليبيج
light	ضوء

light detection	كشاف الضوء
lignin	اللجنين
limestone	الحجر الجيري
limitation	حصر
limiting element	الحد من عنصر
limnetic zone	منطقة بالبحيرات
limnology	علم البحيرات
liquid	سائل
literacy	معرفة القراءة والكتابة
littoral zone	المنطقة الساحلية
livestock	ماشية
llanos	يانوس
load	حمل
loading	تحميل
loads	الأحمال
local biological community	المجتمع البيولوجي المحلي
longitude	خط الطول
longitudinal zone	منطقة طولية
Los Angeles	لوس انجلوس
lowlands	الأراضي المنخفضة

M

macro invertebrate	اللافقاريات الصغيرة
macroclimate	المناخ الكلي

النباتات الكبيرة	macrophytes
ملاريا	malaria
الثدييات	mammals
كهف الماموث	Mammoth Cave
إدارة	management
المنجنيز	manganese
عمليات التصنيع	manufacturing processes
أسمدة روث الحيوانات	manures
رسم الخرائط	mapping
خرائط	maps
هامش أمان	margin of safety
الاهوار	marshes
الهزال الشامل	mass wasting
المواد	materials
الضغط الماتري	matric potential
المادة	matter
الحد الأقصى لمستوى الملوثات	maximum contaminant level
هدف أقصى مستوى الملوثات	maximum contaminant level goal
أقصى الجودة	maximum good
الاستفادة القصوى	maximum use
المايا	Mayas
الدقيقي	mealybug
تعرجات	meanders

ميكانيكي	mechanical
الرعاية الطبية	medical care
دواء	medicine
المدن الضخمة	megacity
ذوبان	melting
زئبق	mercury
بلاد ما بين النهرين	Mesopotamia
البحيرة أوسطية	mesotropic lake
النيازك	meteorites
أرصادي	meteorological
الأرصاد الجوية	meteorology
الشهب	meteors
الميثان	methane
ميثيل ثلاثي بوتيل الأثير	methyl tertiary butyl ether
ميثيل الزئبق	methylmercury
المكسيك	Mexico
جو خانق	miasma
ميكروب	microbe
وظيفة الميكروبية	microbial function
مسببات الأمراض الميكروبيولوجية	microbiological pathogens
الكائنات الحية الدقيقة	microorganisms
مجهر	microscope
القرون الوسطى	Middle Ages

military tactic	تكتيك عسكري
mineral	معدن
mineral soil flats	التربة المعدنية المستوية
minimum stream flow	الحد الأدنى من التدفق
mining	تعدين
Mississippi River	نهر ميسيسيبي
Missouri River	نهر ميسوري
mitigating drought	تخفيف الجفاف
mitigation of flood flows	التخفيف من تدفق الفيضانات
mobility	الحركة
modification	تعديل
molecular biology	علم الأحياء الجزيئية
molecular structure	التركيب الجزيئي
molecular weight	الوزن الجزيئي
molecules	جزيئات
molybdenum	الموليبدينوم
Mongol Empire	الإمبراطورية المغولية
morphology	علم التشكل المورفولوجيا
mountain streams	تيارات الجبلية
mountains	الجبال
movement	حركة
movement passive	الحركة السلبية
mud pots	الأواني الطينية

السهول الطينية	mudflats
جون موير	Muir John
بول مولر	Muller Paul
حوض نهرموراي-دارلينج	Murray-Darling River Basin
فأر	muskrats

N

نسبة النيتروجين إلى الفوسفور	N : P ratio
الأكاديمية الوطنية للعلوم	National Academy of Sciences
الوكالة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء	National Aeronautics and Space
التقييم الوطني	National Assessment
قانون السياسة البيئية الوطنية	National Environmental Policy Act
خدمة المصايد البحرية الوطنية	National Marine Fisheries Service
تصريف الملوثات الوطني	National Pollutant Discharge
الأنواع المحلية	native species
طبيعي	natural
غاز طبيعي	natural gas
الموارد الطبيعية	natural resources
الموارد الطبيعية IUCN	Natural Resources IUCN
الحفاظ على الموارد الطبيعية	Natural Resources Conservation
أقسام الموارد الطبيعية	natural resources districts
الانتقاء الطبيعي	natural selection
ملاحة	navigation
نظام تحديد المواقع العالمي نافستار	Navstar Global Positioning System

Neanderthals	النياندرتال
nesting	التعشيش
neurotoxin	عصبي
New Zealand	نيوزيلندا
niche	محراب
Nile River	نهر النيل
nilometers	مقياس النيل
nitrate	نترات
nitrification	النترجة
nitrite	النتريت
Nitrobacter	بكتريا نيتروباكتر
nitrogen	نتروجين
nitrogen gas	غاز النيتروجين
Nitrosamonas	بكتريا نيتروزموناس
Nobel Prize	جائزة نوبل
nodules	العقيدات
nomadic	بدوي
non-consumptive	غير الاستهلاكي
non-point source	مصدر التلوث المتعدد
normal high flows	التدفقات المرتفعة العادية
normal low flows	التدفقات المنخفضة العادية
normal temperatures	درجات الحرارة العادية
North America boreal forest	الغابات الشمالية بأمريكا الشمالية

القوة النووية	nuclear power
المشاتل	nurseries
المراد الغذائية	nutria
المواد الغذائية	nutrients

O

بلوط	oak
المحيط	ocean
البحيرات	of lakes
أوجالالا	Ogallala
نفط	oil
بحيرة قليلة التغذية	oligotrophic lake
على النار	on fire
مفتوح	open
الكثافة البصرية	optical density
الاستخدام الأمثل	optimum use
ترتيب	order
عضوي	organic
كائن حي	organism
الكلورية العضوية	organochlorine
تناضح	osmosis
الجهد التناضحي	osmotic potential
ثعالب	otters
تدفق	outflow

overdraft	التدفق الزائد
overland flow	تدفق على سطح الارض
overpopulation	الزيادة السكانية
overtopping	العلنية
oxbow lake	بحيرة أوكسبو
oxidation	أكسدة
oxidation-reduction reaction	رد فعل الأكسدة والاختزال
oxidized state	الحالة المؤكسد
oxygen	أكسجين
oxygen depleting organics	الأكسجين المستنفد العضوي
ozone	الأوزون

P

Pacini Filippo	باسينيفيليبو
Paisley Scotland	بيزلي اسكتلندا
paleoclimatology	علم المناخ القديم
Palmer Drought Severity Index	مؤشر بالمر لشدة الجفاف
pampas	السافانا
Paraguay	باراغواي
Parana River	نهر بارانا
parent material	المادة الأصل
participation	مشاركة
particle size	حجم الحبيبات
Pasteur Louis	لويس باستور

مسببات الأمراض	pathogens
أنماط	patterns
قمة	peak
اختراق	penetration
بيناكروبرت	Pennak Robert
بيركلورات	perchlorate
التقطير	percolation
الهيدروكربونات المشبعة بالفلور	per-fluorocarbons PFCs
العطور	perfumes
شبيهات النباتات	periphyto
نفاذية	permeability
إصرار	persistence
المبيدات الحشرية	pesticide
البترول	petroleum
أشباه نباتات فيستريا بيسيسيدا	Pfiesteria piscicida
الفوسفور	phosphorus
صور	photo
التركيب الضوئي	photosynthesis
تخلل المياه	phreatic water
مادي	physical
فيزياء	physics
العوالق النباتية	phytoplankton
بيلوإيفلين سي	Pielou Evelyn C

piezometer	مقياس الضغط البوزمتري
piping	الأنابيب
plankton	العوالق
plant	النبات
plants	النباتات
plate tectonics	الصفائح التكتونية
Platte River	نهر بلات
playa basin	حوض بلايا
Pleistocene epoch	العصر الجليدي
plow	محراث
plug	قابس
point source	التلوث من مصدر واحد
polarity	قطبية
polders	الأراضي المستصلحة
policy	سياسة
political boundaries	الحدود السياسية
politics	سياسة
pollution	التلوث
pollution-induced failure	الفشل الناجم عن التلوث
pond	بركة
ponding	البرك
population	عدد السكان
pore space	مساحة المسام

المسامية	porosity
بورزيو لوك أنطونيو	Porzio Luc Antonio
ساندرا بوستل	Postel Sandra
الجهد	potential
الحفر	potholes
بوجيت جبريل	Pouchet M Gabriel
دواجن	poultry
فقر	poverty
قوة	power
توليد الطاقة	power generation
البراري الرطبة بلايا	prairie playa wetlands
التساقط	precipitation
جهد الضغط	pressure potential
منع	prevention
الوقاية	Prevention
ابتدائي	primary
مبادئ	principles
السابقة الاعتمادات القاعدة	Prior Appropriation Rule
الخصخصة	privatization
العمليات	processes
منتج	producer
إنتاج	production
إنتاجية	productivity

profoundly zone	منطقة عميقة
prokaryotes	بدائيات النوى
protection	حماية
protozoa	البروتوزوا
provinces	محافظات
public	جمهور
Public Trust Doctrine	عقيدة الثقة العامة
pulp	لب
pumping	ضخ
purification	تنقية

Q

qanat	قناة
quality	جودة
quantity	كمية

R

raccoons	الراكون
radionuclides	النويدات المشعة
radium	راديوم
railroads	السكك الحديدية
rain	مطر
rain freezing	تجميد المطر
rainfall	هطول المطر
rainforest	الغابات المطيرة

اتفاقية رامسار	Ramsar Convention
بيانات نوعية المياه الحقيقة	real time water quality data
معقولة قواعد الاستخدام	Reasonable Use Rule
التغذية	recharge
استصلاح	reclamation
استجمام	recreation
المد الأحمر	Red Tide
ملامح أكسدة النحاس	redoxmorphic features
مرحلة الاختزال	reduced state
اختزال	reduction
الأراضي الرطبة المرجعية	reference wetland
المبردات	refrigerants
نظام	regime
إعادة تأهيل	rehabilitation
الرافد	relief
صور الأقمار الصناعية عن بعد	remote satellite imagery
بيانات الاستشعار عن بعد	remote sensing data
إزالة	removal
المصد	repellants
معدلات الإنجاب	reproductive rates
جمهورية الصين	Republic of China
خزان	reservoir
وقت الإقامة	residence time

residue management	إدارة المخلفات
resistance	مقاومة
resources	موارد
respiration	تنفس
restocking	إعادة التخزين
restoration	استعادة
retention	احتفاظ
reverse osmosis	التناضح العكسي
Rhine Commission	لجنة الراين
Rhine River	نهر الراين
rhizobium	الريزوبيم
ridge	قمة جبل
riffles	البنادق
rift	صدع
right	حق
rill erosion	الانجراف التأكلي
riparian	ضفي خاص بضفة النهر
Riparian Doctrine	العقيدة المتشاطئة
river	نهر
riverine wetlands	الأراضي الرطبة النهرية
roads	الطرق
roughness	خشونة
Rule of Capture	حكم الحصد

runoff	الجريان السطحي
Russia	روسيا

S

Sadd el-Kafara	سد الكفرة
safe	آمن
Safe Drinking Water Act	قانون المياه الصالحة للشرب
saline inland seas	البحار الداخلية المالحة
salinity	الملوحة
salmon	سمك السلمون
salt	ملح
sand	رمل
sandbar	الرملي
sanitation	الصرف الصحي
Saskatchewan	ساسكاتشوان
satellite	قمر
saturated zone	منطقة مشبعة
saturation	التشبع
savannas	السافانا
scarp	وعورة
scenic values	قيم المناظر الطبيعية الخلابة
Scheele Karl Wilhelm	سكيل كارل ويلهلم
Schonbein Christian Friedrich	شونباين كريستيان فريدريش
science	علم

النقاش العلمي	scientific debate
الجليد البحري	sea ice
موسمية	seasonality
مياه البحر	seawater
سيكي الرؤية	Secchi visibility
المستهلكون الثانويون	secondary consumers
الإنتاجية الثانوية	secondary productivity
أمن	security
حضر	sedentism
رواسب	sediment
ترسيب	sedimentation
الرواسب	sediments
تسرب البحيرات	seepage lakes
فواقد التسرب	seepage loss
البلاعات	septic tanks
خدمات حماية المصادر الطبيعية	Service NRCS -
نمط الاستيطان	settlement pattern
جهاز تسوية	settling device
مياه الصرف الصحي	sewage
تدفقات الجوفية الضحلة	shallow subsurface flow
مناطق المياه الضحلة للحياة البرية	shallow water areas for wildlife
الآبار الضحلة	shallow wells
شكل	shape

الانجراف الورقي	sheet erosion
شيلفورد في إي	Shelford V E
الحماية من المحار	shellfish protection of
مأوى	shelter
بناء السفن	shipbuilding
صدمة	shock
القفز	siltation
زراعة الغابات	silviculture
المجرى	sinkhole
تعرج	sinuosity
السيفون	siphon
حجم	size
قطع وحرق بقايا الزراعة	slash and burn agriculture
مطر متجمد	sleet
منحدر	slope
منافذ	slotted board outlets
مداخل انابيب	slotted pipe inlets
حمأة	sludge
دودة الحمأة	sludge worm
الأحياء الفقيرة	slum
الخرائط الذكية	smart maps
الثلوج	Snow
الأسوار الثلجية	snow fences

snowdrifts	التكتلات الثلجية
snowmelt	ذوبان الثلوج
social good	حسن الاجتماعي
socio-economic drought	الجفاف الاجتماعي والاقتصادي
sodium	صوديوم
soil	تربة
soil flats	الترب المستوية
soils	الترب
solar radiation	الإشعاع الشمسي
solvent	مذيب
sounds	الأصوات
source	مصدر
sources	مصادر
South Africa	جنوب أفريقيا
South America	أمريكا الجنوبية
Spain	إسبانيا
spawning	وضع البيض
species	نوع
Species at Risk Act	قانون الأنواع المعرضة للمخاطر
specific conductance	التوصيل الكهربي
specific heat capacity	السعة الحرارة النوعية
spectrophotometry	الطيفي
spill	تسرب

splay	تباعد
spring turnover	دوران الربيع
springs	الينابيع
Sri Lanka	سري لانكا
stability	استقرار
staining	تلطيخ
stakeholders	أصحاب المصلحة
standard	معيار
state	دولة أو ولاية
steel	فولاذ
steppes	السهوب
sterilants	المعقمات
stewardship	إدارة
stomata	الثغور
storage	تخزين
stormwater runoff	جريان مياه الأمطار
stratification	الطبقات
Stratton-Porter Gene	ستراتون-جين بورتر
stream	جدول مائي
stream bank erosion	إنجراف ضفاف النهر
structural BMPs	أفضل الممارسات الإدارية الهيكلية
structure	هيكل
sublimation	تسامي

subside	هدأ
subsidence	هبوط
subsurface flow	التدفق تحت سطح الأرض
succession	تعاقب
successional stages	مراحل التعاقب
Sudan	السودان
sugar industry	صناعة السكر
sulfide	كبريتيد
sulfur	كبريت
sulfur hexafluoride SF	سادس فلوريد الكبريت SF
Sun	شمس
sunlight	ضوء الشمس
surface	سطح
surface area	مساحة السطح
surface water	المياه السطحية
swamp	مستنقع
Swamp buster Act	قانون المستنقعات المحمية
Swampland	المستنقعات
Swiss Sandoz Agrochemical plant	مصنع ساندوزللكيماويات الزراعية السويسرية
symbiosis	تكافل في علم الأحياء
system	نظام
system restoration	استعادة النظام

T

table	طاولة
tallgrass prairie	براري الحشائش الطويلة
tannin	حمض التانين
tectonic activity	النشاط التكتوني
telescope	تلسكوب
temperature	درجة الحرارة
temporal variation	التغير الزمني
Tennessee Valley Authority	سلطة وادي تينيسي
tension	توتر
Terra Satellite	الأقمار الصناعية تيرا
terrace	مواقع أرضية
terrestrial	أرضي
tertiary consumer	المستهلك
texture	نسيج
thallium	الثليوم عنصر فلزي
thalweg	ثالوك
Thames River	نهر التايمز
thermal	حراري
thermocline	الحراري
Thoreau Henry David	هنري ديفيد ثورو
thread	خيط
threatened and endangered	المهددة بالانقراض
thunderstorms	عواصف رعدية

tidal	المد والجزر
timber	خشب
time	زمن
tin	قصدير
tools	أدوات
topographical topo	الطبوغرافية توبو
topography	التضاريس
topsoil	الطبقة العلوية من التربة
tornadoes	الأعاصير
total dissolved solids	المواد الصلبة الذائبة
total maximum daily	مجموع الحد الأقصى اليومي
total phosphorus	الفوسفور الكلي
total suspended solids	مجموع المواد الصلبة العالقة
tourism	سياحة
townships	البلدات
toxic blooms	ازدهار المواد السامة
toxic substances	المواد السامة
toxicity	سمية
trace elements	العناصر النادرة
trade winds	الرياح
tragedy of the commons	مأساة المنافع العامة
transects	المقاطع العرضية
transfer zone	منطقة نقل

تحول	transformation
انتقال	transition
النفاذية	transmissivity
النتح	transpiration
نقل	transport
نقل	transport
علاج	treatment
حلقات شجرة	tree rings
الرافد	tributary
ثلاثي الهالوميثان (الميثان ثلاثي الهالوجين)	trihalomethanes THMs
المساحة الثلاثية	trilateration
نهر الثالوث	Trinity River
الوضع الغذائي	trophic status
الغابات الاستوائية	tropical forest
التندرة سهل أجرد	tundra
التنغستن	tungsten
عكر	turbidity
نوع	type
أنواع	types
حمى التايفويد	typhus

U

قنوات تحت الأرض	underground channels
اليونسكو منظمة الأمم المتحدة	UNESCO United Nations

UNESCO World Heritage Site	مواقع التراث العالمي لليونسكو
United Arab Emirates UAE	الإمارات العربية المتحدة
United Nations	الأمم المتحدة
universal	عالمي
unreasonable harm	ضرر غير معقول
unsaturated zone	المنطقة غير المشبعة
upland transition	انتقال المرتفعات
uplands	الاراضي المرتفعة
upstream	ضد التيار
uranium	يورانيوم
urban	حضري
urban development	التنمية الحضرية
urban planning	التخطيط الحضري
urban rivers	الأنهار الحضرية
urbanization	تحضر
US Army Corps of Engineers	فيلق مهندسي الجيش الأمريكي
US Bureau of Reclamation USBR	المكتب الأمريكي لاستصلاح الاراضي USBR
US Department of Agriculture	وزارة الزراعة الأمريكية
US Environmental Protection	حماية البيئة الأمريكية
US Fish and Wildlife Service USFWS	خدمات الوكالة الامريكية للاسماك والحياة البرية USFWS
US Geological Survey USGS	المسح الجيولوجي الأمريكية USGS
USAGE	وكالة USAGE
USDA Natural Resources	الموارد الطبيعية بوزارة الزراعة الامريكية

استعمال	use

V

اللقاحات	vaccines
منطقة فادوز	vadose zone
الوديان	valleys
فان مانيم مارتن	Van Manim Martin
بخار	vapor
ضغط البخار التدرج	vapor pressure gradient
الاختلافات	variability
الغطاء النباتي	vegetation
النمو الخضري	vegetative
واحة أعشاب	veldt
فتحات	vents
الكروم	vines
المياه الافتراضية	virtual water
الفيروسات	viruses
بركاني	volcanic
نفاية	waste

W

النفايات	wastes
مياه الصرف	wastewater
ماء	water

قانون توزيع المياه	water allocation law
قانون مكافحة تلوث المياه	Water Pollution Control Act
اتفاقية نوعية المياه	Water Quality Agreement
برنامج نوعية المياه	Water Quality Program
إمدادات المياه	water supply
الأمراض المنقولة عن طريق المياه	water-borne disease
الطمي المودعة بالمياه	water-deposited alluvium
حوض التجميع	watershed
الممرات المائية العشبية	waterways grassed
أمواج	waves
الطقس	weather
التجوية	weathering
الشبكات	webs
رأس البئر	wellhead
المروج الرطبة	wet meadows
الأراضي الرطبة	wetland
منظمة الصحة العالمية	WHO
الحياة البرية	wildlife
رياح	wind
حواجز الرياح العشبية	wind barriers herbaceous
مصدات الرياح	windbreaks
العواصف	windstorms
القواعد الشتوية	Winters Doctrine

wise use ethics	أخلاقيات استخدامات الحكيمة
Wittfogel Karl August	وثفوجال كارل أوقست
World Health Organization	منظمة الصحة العالمية
worms	ديدان

Y

yazoo system	نظام يازو
Yellow River see Huang He	نهر الأصفر

Z

zebra mussels	بلح البحر حمار وحشي
zone	منطقة
zones	المناطق
zooplankton	العوالق الحيوانية

كشاف الموضوعات

أ

الاتفاقات بين الولايات ٤٦١

الآثار البشرية على النظم البيئية ١٤

الاحترار العالمي ٤٩١

أحواض التجميع ١٣

أدوار وكـالات إدارة الميـاه الاتحاديـة والإقليميـة والولاية والمحلية ٤٧١

الأراضي الرطبة ٩

الأراضي الرطبة ١٨٦

الأراضي الرطبة ٣٠٩

إزالة ناجحة ٣٨٢

أساسيات أحواض تجميع المياه ١٦٥

أسباب الفيضانات ٢٩٢

إسبانيا ٤٤٨

استخدام المياه عالمياً ١٦

استخدام المياه في الصناعة ٢٤

استخدام المياه في المناطق الحضرية ٣٥٥

استخدام المياه في عصور ما قبل التاريخ ٤٨

استخدام المياه للترفيه ٢٤

استخدامات المياه الاستهلاكية وغير الاستهلاكية ١٨

استراليا ٥١٢

استعادة النظام البيئي ٤٩٠

الأسمدة ٤١٢

آسيا والمحيط الهادئ ٣٤

إعادة صياغة مادة الأضرار ٤٦٠

أغراض السدود ٣٥١

أفريقيا ٣٣

أفضل الممارسات الإدارية ١٣٦

اكتشاف المجهر ٣٩٦

الأكسجين المذاب ١٢٩

الإمارات العربية المتحدة ٥١٤

الإمبراطورية الرومانية ٤٤٧

أمثلة دولية ٥١١

أمريكا ٤٥٠

أمريكا الجنوبية ومنطقة البحر الكاريبي ٣٣

أمريكا الشمالية ٣٢
الأمن المائي٤٨٧
أنماط الاستقرار ٣٠
الأنهار ٧
الأنهار الجليدية والثلوج الدائمة، والجليد البحري، والقمم الجليدية القطبية ٤
الأنهار في المناطق الحضرية ٥٠٤
الأنهار والجداول ١٨٢
الأنهار والجداول المائية ٢٦٧
الأنهار والسدود، وجهود إعادة التأهيل ٣٧٩
أنواع الأراضي الرطبة ٣٢٥
أنواع البحيرات ٢٣٧
أنواع السدود ٣٤٣
الأنواع الغازية ٤٩٥
الأنواع المهددة بالانقراض ٤٥٥
الأنواع المهددة بالانقراض ٤٨٨
الأوبئة والمجهر ٣٩٦
أوروبا ٣٢

ب

البحيرات ٩
البحيرات والبرك ٢٣٧
البحيرات وتطوير علم المياه العذبة ١٧٩
بحيرة بايكال في سيبيريا من مواقع التراث العالمي ٢٥٦
بحيرة بيسلي ٢٥٨
البخر والنتح ١٠٣
بريطانيا العظمي ٤٤٧
بلاد ما بين النهرين ٤٤٤
بلاد ما بين النهرين ٥٥
البيئة البيولوجية (الحيوية) ١٧٦
البيئة الفيزيائية ٢٠٨
البيئة الفيزيائية الغير حيوية ١٧٣
البيئة المائية ١٧٩
البيئة المائية للحضارات القديمة ٤٧

ت

تأثيرات السدود والخزانات ٣٦٨
التأهيل البيئي ٥٢٩
تأهيل الجداول المائية وتخفيف آثار الفيضانات٣٠١
تبعية الجداول المائية للمجتمعات الريفية في الجنوب الأفريقي ٤٢١
تجزئة أنظمة النهر البيئية ٣٧٦
التجفيف، وتدهور الممر المائي: نظام موراي دارلينج، أستراليا ٣٥٩
التحضر ٣٧٨
التحلية ٤١٦
تداخل المياه الجوفية والأراضي الرطبة ٢٢٠
تداخل المياه الجوفية والبحيرات ٢٢٠

تداخل المياه الجوفية والجداول المائية ٢١٧
تداخل المياه السطحية والجوفية ٢١٥
تداخل إمدادات المياه ٢٢٢
التدفق ٢٨٢
تدفق المنحنيات المائية ٢٩٠
تدفق المياه ١٨٣
تدفقات الجداول المائية ٤٥٦
تدهور جودة المياه ١٣٢
التدوير والتحول ١٨٩
الترب ١٧٦
التربة ٣١٤
ترتيب الجدول المائي ٢٨٠
الترفيه ٣٦٧
تركيب حوض التجميع ١٧٢
التسرب ١٠٥
تشكيل البحيرة من الأحداث الجيولوجية ٢٣٧
تصنيف الأراضي الرطبة ٣٢٧
تضاريس كارست والمياه الجوفية ٢٢٢
التطور التاريخي لقوانين توزيع المياه ٤٤٤
تطور مبدأ قبل الاستيلاء ٤٥٥
تطوير عقيدة المناطق المتشاطئة ٤٥٠
تطوير مبادئ قبل الامتلاك ٤٥١
التغير البيئي واستمرار البشر في تغيير بيئتهم ٧١
التغير البيئي واستمرارية البشر لتغيير بيئتهم ٧٢
تغير المناخ العالمي٥٢٩
التغيرات البيئية والتعاقب ١٩١
التقييم الوطني الجيولوجي الأمريكي لبرنامج جودة المياه ١٥١
التلوث والبيئة ١٣٨
التماسك والالتصاق ١٢٦
التنمية الحضرية ١٠٦
التوجهات في الأراضي الرطبة ٣٣٢
توزيع المياه على الأرض ٢
التوصيل الكهربي ١٢٨
توليد الطاقة ٣٦٥

ج

الجريان السطحي للمياه ١٠٥
جزر أندامان ٥٢٨
الجفاف ٩٦
جنوب أفريقيا ٥١٣
الجهود الدولية ٤٦٤
جودة المياه ١١٧
جودة المياه ٢٧
جودة المياه ٤٨٥
الجيومورفولوجيا ١٧٤
الجيومورفولوجيا النهرية: تشكيل النهر ٢٨٦

ح

حالة التغذية، أو التصنيف٢٤٦
حجز المواد الغذائية ٣٧٠
حدود حوض التجمع ١٦٦
الحرارة ١٤٧
حكومة ساسكاتشوان ٥١٣
حماية أحواض التجميع ٤٩٨
الحماية الفيدرالية لمياه الشرب في الولايات المتحدة ٤٠٧
حماية جودة المياه٤٥٦
حماية مصدر المياه ٤١٤
حوض التجميع بالمنطقة ٢٠٠
حوض نهر موراي دارلينج ٣٥٧
الحياة النباتية ٣٢٠

خ

خصائص الصرف المائي ٢٤٥
الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء ١٢١
خصخصة أنظمة المياه ٥٠٦
خصصة المياه ٥٠٧

د

دارفور ٥٢٧
دائرة المحافظة على الموارد الطبيعية ٤٨٠
درجة الحرارة ١٣٠
درجة حرارة المياه ٣٧١
دروس من ملاوي ٤٢٤
الدورة المائية ٨٠
الدورة المائية والبيئة البشرية ١٠٦
الدورة المائية والبيئة الطبيعية ١٠٣
الدول العربية ٣٤

ر

الرقم الهيدروجيني ١٢٧
الرواسب ١٤١
الرواسب ٣٦٩
رؤى مختلفة عن المياه والقضايا البيئية ١
الري ٣٥٧

ز

الزراعة ٢٢
زراعة الأراضي لإنتاج محاصيل ١٠٨
الزئبق ٣٧٢

س

سد القندوس ٣٤٣
السدود الترابية ٣٤٦
السدود التي بناها الإنسان ٣٤٥
سدود الجاذبية ٣٤٧

السدود القوسية ٣٤٩
السدود المدعمة ٣٤٩
السدود والخزانات ٣٤١
سريلانكا ٥٢٦
السعة الحرارية ١٢٤
سلطة وادي تينيسي ٣٦٦
سمات الأراضي الرطبة ٣١٢
السمات الفيزيائية لنظام النهر ٢٧٢
السهول الفيضية ٢٧٧
السيطرة على الفيضان ٣٥٢
السيطرة على الفيضانات ٤٨٦

ش

شبكات الغذاء ١٧٧، ٢٥٤

ص

صراعات الماء بين الولايات ٥٠١
صراعات متعددة الاستعمال ٥٠١
الصرف الصحي ٢٤
الصين ٦٢، ٤٤٧

ط

الطاقة المائية ٢٥
الطقس والمناخ وظاهرة النينو، والنينا ٨٨

ع

عكارة ١٣١
علم الهيدرواالجيومورفولوجي ١٧٥
العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتدفق ٢٨٦
العمليات الهيدرولوجية ١٧٦
العناصر المشعة ٤١٣

غ

الغلاف الجوي ١٠

ف

فرقة مهندسي الجيش الأمريكي ٤٧٦
فرنسا ٤٤٩
الفيضانات ٩٥
فيلق مهندسي الجيش الأمريكي.٤٨٧

ق

قاعدة الاستخدام المعقول ٤٥٩
قانون الحد الأدنى وقانون التحمل ٣٨
قانون توزيع المياه ٤٤١
قانون جستنيان ٤٥١
قدرة الأرض على حمل البشر ٣٥
القضاء على تدفقات الفيضانات ٣٧٧
قضايا ٤٨٦، ٤٩٦، ٤٩٧، ٤٨٨،٠ ٥٠٥، ٤٨٧،
٤٨٤، ٥٠٠، ٤٩٨، ٥٠١، ٥٠٣، ٥٠٤

القضايا الصحية الحديثة لمياه الشرب ٤١٧
قضايا المياه المختارة للوكالة الاتحادية الامريكية ٤٨٢
قضايا مختارة لوكالة المياه الإقليمية. والولاية.
والمحلية ٤٩٨
قضايا مياه الشرب ٤٠٩
قضايا مياه الصرف الصحي الحالية ٤٣١
قضايا وكالة المياه الإقليمية ٤٩٨
قضايا وكالة المياه القبلية ٤٩٧
قضايا وكالة المياه المحلية ٥٠٢
قضايا وكالة مياه الولاية ٥٠٠
القنوات ٢٧٥
قوانين توزيع المياه الجديدة ٤٦٣
قوانين توزيع المياه الجوفية ٤٥٧
القيم ٥٣٠

ك

الكائنات الحية والمأوى ٢٩٤
الكثافة ١٢١
كمية المياه ١٩١
كندا ٥١٢
الكيماويات غير العضوية ٤١١
كيمياء البحيرة ٢٥١
كيمياء المياه ١١٩
الكيمياء والبيئة المائية ٢٢٣

م

مادة الاستيلاء ٤٥٩
مادة الحقوق المترابطة ٤٥٩
مادة قبل الاستيلاء ٤٥٩
مأساة الموارد العامة ٥٢١
مبدأ ثقة الجمهور ٤٥٦
مثال مادة ددت١٤٩
مجموعة مختارة من قضايا وكالة المياه في جميع أنحاء
العالم ٥١٢
المحيطات ٣
المدن الكبرى ٣٠
مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها٤٨٢
مستويات الأكسجين المذاب٣٧٦
المسح الجيولوجي الأمريكية ٤٧٩
مصدر الطاقة ٢٩٤
المصدر المحدد وغير المحدد للتلوث ١٣٣
مصر ٥٩، ٤٤٥
المعادن الثقيلة والعناصر والنادرة ١٤٤
معالجة المياه العادمة قديماً ٤٢٧
المعالجة بالأوزون ٤٠٤
المعالجة بالكلور ٣٩٦
معالجة مياه الشرب قديماً ٣٩٢
معالجة مياه الشرب والصرف الصحي ٣٩١

المغذيات ١٤٠
مقارنة للتعرية لاثنين من أحواض التجميع الرئيسية ١٧٠
مقالة بقلم الدكتورة ميلادا ماتوسكوفا ١٩٣
مقالة بقلم كاث وشن ٥٢٥
مقالة من الدكتورة لوريل فينيكس ٥٠٧
مقالة من سارة بفيز ٣٥٩
مقالة من كارولين شوت ٢٩٨
المكتب الأمريكي للاستصلاح ٤٧٧
المكسيك ٤٤٨
الملاحة ٤٩٣
الملاحة الداخلية ٣٦٦
ملخص الفصل الأول٣٩
الملكية مقابل الإشراف ٧٣
الملوثات الحيوية ٤١٠
المناخ ١٧٤
المناخ القديم ١٠٠
المناطق الاحيائية ١٤
مناطق البحيرة٢٤٩
المناطق الطولية للنهر ٢٧٩
المنافسة بين المياه الجوفية / السطحية ٥٠٣
المنطقة الانتقالية العليا ٢٧٨
المواد العضوية المستهلكة للأكسجين ١٤٧
المواد الكيميائية السامة ١٤٢
المواد الكيميائية العضوية ٤١٣
موقع تثبيت الطاقة ١٨٥
المياه الاتحادية الأمريكية ٤٧٢
المياه الافتراضية ٢٦
المياه الجوفية ٥٠٠
المياه الجوفية ٤، ٢٠٧
مياه الشرب ٢١، ٥٠٢
مياه الشرب القديمة وأنظمة الصرف الصحي القديمة ٦٣
مياه الشرب المأمونة ٥٢٢
المياه النظيفة حق من حقوق الإنسان ١٤٨
المياه والبيئة ٦٦
المياه والحرب ٥٢٥
المياه والزراعة: أساس الحضارة ٥٣
الميزانية العالمية للمياه ٢٠
الميكروبات المسببة للأمراض ١٤٥

ن

نزاعات المياه السطحية والجوفية ٥٢٣
نزاعات المياه، والحلول، ومستقبلنا ٥١٩
النشاط البركاني ٢٣٨
النشاط البشري والحيواني ٢٤٤
النشاط التكتوني ٢٣٩
النشاط الجليدي ٢٣٧

النشاط الهيدرولوجي ٢٤١
نطاق نظام النهر ٢٧٢
نظرة تاريخية: البشر والبيئة ٧٠
النظم البيئية ١١
النظم البيئية والمناطق الأحيائية، وأحواض التجميع ١٠
النقل والتخزين ١٨٨
النمو السكاني العالمي وزيادة السكان ٢٨
النهر الأصفر ٣٥٢
نهر الراين ٣٧٩
نهر المسيسيبي ٣٥٤
نهر النيل ٣٥٤
نهر كولورادو ٣٥٥
النهر وبيئة الجداول المائية ٢٩٤
نهري روكورا وشمال لونزو ٤٢٥
النينيو والنينيا ٩١
نيوزيلندا ٥١٣

هـ

هل إزالة السد هو الحل ٣٨١
الهند ٦٢
الهيدرولوجيا ٣٢٠
هيكل البحيرة ٢٤٨

و

وجهتا نظر متناقضتان لبحيرتين ٢٥٦
الوصف البيئي ٢٩٩
وظائف نظام النهر ٢٧١
وظائف وقيمة الأراضي الرطبة ٣٢٩
وظيفة حوض التجميع ١٨٨
وكالات أخرى مشاركة ٥٠٣
الوكالات الاتحادية الأساسية المعنية ٤٨٣، ٤٨٧، ٤٨٨، ٤٩٠، ٤٩١، ٤٨٥، ٤٩٣
الوكالات الاتحادية المعنية ٥٠١، ٤٩٧، ٤٨٧، ٤٨٤، ٤٩٤، ٤٨٥، ٤٩، ٤٩٦، ٤٩٧، ٥٠٤
الوكالات الأولية للمياه المحلية المعنية وكالات أخرى مشاركة ٥٠٥
الوكالات المحلية الرئيسية المعنية ٥٠٣
وكالات المياه الإقليمية المشاركة ٤٩٨
وكالات مياه الولاية المعنية ٥٠٠
وكالة أخرى مشاركة ٥٠٠، ٥٠١
الوكالة الأميركية لحماية البيئة ٤٧٢
الوكالة الرئيسية المعنية المحلية ٥٠٤
وكالة خدمات الأسماك والحياة البرية الأمريكية ٤٧٤
الولايات المتحدة الأمريكية وكندا ٥١٠

نبذة عن المترجم



أ.د. عبد رب الرسول بن موسى العمران

- حصل على الماجستير في علوم المياه من جامعة ديفيز .كاليفورنيا عام ١٣٩٩ هـ.
- حصل على الدكتوراه في علوم التربة من جامعة ولاية أوريجون .كرفاليس . الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٤٠٤هـ.
- تدرج في الدرجات العلمية حتى حصل على درجة الأستاذية في فيزياء التربة والعلاقات المائية عام ١٤١٣هـ.
- عمل سعادته مستشاراً غير متفرغ بوزارة المياه والكهرباء لمدة عامين خلال الفترة من ١٤٢٤/٣ هـ وحتى ١٤٢٥/٣هـ.
- يشغل حالياً منصب رئيس هيئة تحرير المجلة العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية منذ عام ١٤٢٣ هـ.
- عضو هيئة تحرير المجلة العلمية لكلية علوم الأغذية والزراعة لمدة خمسة أعوام في الفترة من١٤١٥ هـ إلى ١٤٢٠هـ.
- عضو في هيئة تحرير المجلة العلمية الامريكية لبحوث الأراضي الجافة وادارتها منذ ٢٠٠٣/١/١ وحتى الأن.
- عمل سعادته عضواً ومقرراً للجنة الدراسات العليا وممثل الكلية في عمادة الدراسات العليا منذ ١٤٢١هـ وحتى ١٤٢٣ هـ.
- شارك وحاضر بالعديد من اللقاءات العلمية الدولية والعربية والمحلية.
- لسعادته خمس كتب مؤلفة ومترجمة من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية ولسعادته إسهامات في المشاركة في تأليف كتاب باللغة الانجليزية.
- لسعادته أكثر من ٩٠ بحثاً علمياً منشوراً في المجلات العالمية والعربية والمحلية وكذلك ساهم في مناقشة وتحكيم والأشراف على العديد من رسائل الماجستير.
- حصل سعادته على العديد من الجوائز عن مساهماته كرئيس للفرق البحثية لبعض المشروعات الممولة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والخطة الوطنية للعلوم والتقنية.